



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS
POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA
COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA
DEL DISTRITO DE CABANA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. KAREN YANETH RUELAS PALOMINO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS
POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA
COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA
DEL DISTRITO DE CABANA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. KAREN YANETH RUELAS PALOMINO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

: 
Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

: 
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIMA CARDENAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: CONTAMNACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1744-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 5893 presentado por el (la) Bachiller: **KAREN YANETH RUELAS PALOMINO** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **KAREN YANETH RUELAS PALOMINO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

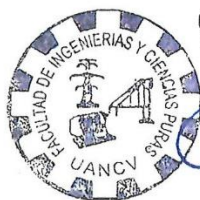
ARTICULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **KAREN YANETH RUELAS PALOMINO**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miércoles 31 de diciembre del 2025
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTICULO CUARTO. - **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURASDr. OSCAR V. VAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURASDr. Cesar G. Camargo Najjar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (a)



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 944-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 29 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 6320, presentado por el señor (a) **KAREN YANETH RUELAS PALOMINO** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1143-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 245-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **KAREN YANETH RUELAS PALOMINO** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **FI TORRE MED IACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1143-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 245-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Fritz Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **FI TORRE MED IACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, designado al señor (a): **KAREN YANETH RUELAS PALOMINO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **FI TORRE MED IACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**, se le asigna como:

ASESOR: Mgtr. **SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente Mgtr. **SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. **OSCAR V. VILAMONTE CALLA**
DECANO (e)
CIP. 32730

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. **Fritz Willy Mamani Apaza**
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 245-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de mayo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 669 por el señor (a): **KAREN YANETH RUELAS PALOMINO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 176 - 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, formato N° C03 - 2025 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **KAREN YANETH RUELAS PALOMINO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Ferales** de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° C03 - 2025 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **KAREN YANETH RUELAS PALOMINO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema **Titulado: FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. ENRIQUE PARILO SOZA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

Dr. OSCAR V. VAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS
Dr. Fritz Wily Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1143-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 27 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 13047, presentado el señor (a) **KAREN YANETH RUELAS PALOMINO** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 1030-2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 121-2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **KAREN YANETH RUELAS PALOMINO** ha presentado su propuesta de investigación **Titulado: FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la **ficha de opinión** de la propuesta de investigación formato N° 121-2024- aprobando la **propuesta de investigación titulado: FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **KAREN YANETH RUELAS PALOMINO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema **Titulado: FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDR. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2024
Interesado (a)



EFECTORREMIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESSINA DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

5%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

3

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

3%

4

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

tesis.ipn.mx

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Universidad Nacional del Centro
del Peru

Trabajo del estudiante

<1%



Metadatos complementarios - UANCV

**FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD
APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA
DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024****Datos de autor**

Nombres y apellidos	KAREN YANETH RUELAS PALOMINO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74068269
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0006-4735-6356

Datos de asesor

Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-8660-8733

Datos del jurado**Presidente del jurado**

Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558

Miembro del jurado 1

Nombres y apellidos	WILFREDO DAVID SUPO PACORI
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02428673

Miembro del jurado 2

Nombres y apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821





DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo KAREN YANETH RUELAS PALOMINO, identificado con DNI
Nro. 74068269, en mi condición de egresado de:

- ☒ Escuela Profesional
☐ Programa de Segunda Especialidad,
☐ Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico
denominada:

FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN
LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024

Asesorado por: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Es un tema original.

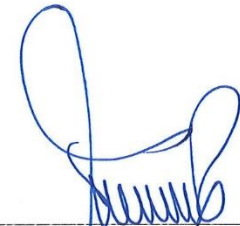
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 19 de ENERO del 2026


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis padres, quienes con su amor, esfuerzo y ayuda incondicional me han guiado en cada paso de este camino. Gracias por ser mi ejemplo de fortaleza y perseverancia.

A mi familia, por su constante ánimo y fe en mí, incluso en los momentos más difíciles.

A mis amigos, compañeros de vida y estudio, que con sus palabras de aliento y momentos compartidos hicieron que este viaje fuera más llevadero.

Y, finalmente, a mí mismo/a, por no rendirme y continuar luchando por mis sueños.



AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la totalidad de personas que han contribuido, de una u otra manera, a la realización de esta tesis.

A mis docentes, por su orientación, paciencia y valiosos consejos durante el desarrollo de este proyecto. Sus conocimientos y experiencia fueron esenciales para alcanzar este logro.

A mis amigos y compañeros, por estar a mi lado en situaciones de alegría y también en los de dificultad, compartiendo risas, preocupaciones y motivación a lo largo del camino.

A la UANCV, cuyo apoyo técnico, emocional o financiero fue crucial para la conclusión de este trabajo.

Finalmente, agradezco a la vida por todas las experiencias que me han llevado hasta este momento, llenándome de aprendizajes y fortaleza.

Gracias a todos por formar parte de este logro.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas Específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación de la investigación.....	4
1.5. Hipótesis de la investigación	5
1.5.1. Hipótesis alterna	5
1.5.2. Hipótesis nula.....	5



1.6. Variables.....	5
1.6.1. Variable independiente.....	5
1.6.2. Variable dependiente	6
1.7. Operacionalización de variables	6

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.1.1. Antecedentes Internacionales	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	10
2.1.3. Antecedentes locales	14
2.2. Marco teórico	15
2.2.1. Suelo.....	15
2.2.2. Degradación del suelo.....	16
2.2.3. Salinidad en el Suelo	17
2.2.4. Fitorremediación	19
2.2.5. Plantas utilizadas en la fitorremediación	21
2.2.6. Fitorremediación de suelos salinos con abonos orgánicos.....	24
2.3. Marco conceptual	27

CAPÍTULO Iii

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1. Diseño de la investigación	29
3.2. Tipo de la investigación	29



3.3. Nivel de la investigación	29
3.4. Enfoque de la investigación	29
3.5. Población y muestra	30
3.5.1. Población.....	30
3.5.2. Muestra.....	30
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	30
3.6.1. Técnicas	30
3.6.2. Instrumentos	31
3.7. Materiales y equipos.....	31
3.8. Ubicación de la zona en estudio	32
3.9. Procedimiento metodológico	33
3.9.1. Determinar la concentración de sales presentes en los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024.....	33
3.9.2. Cuantificar la concentración de sales absorbida por la especie Llantén fortificado con humus de los suelos degradados por salinización en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024.....	35
3.9.3. Determinar la eficiencia del Llantén fortificado con humus para la fitorremediación de la salinidad de los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024.....	38
3.10. Contrastación de Hipótesis	39

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados.....	40
----------------------	----



4.1.1. Determinar la concentración de sales presentes en los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024.....	40
4.1.2. Cuantificar la concentración de sales absorbido por la especie Llantén fortificado con humus de los suelos degradados por salinización en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024.....	43
4.1.3. Determinar la eficiencia del Llantén fortificado con humus para la fitorremediación de la salinidad de los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024.....	51
4.2. Prueba estadística.....	54
4.3. Discusión.....	58
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES.....	62
BIBLIOGRAFIA.....	63
ANEXOS.....	69



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Operacionalización de variables 6
Tabla 2	Categorías de suelos salinos según la conductividad eléctrica..... 17
Tabla 3	Clasificación de suelos afectados por salinización..... 19
Tabla 4	Parámetro a analizar del suelo..... 35
Tabla 5	Resultados de salinidad en diferentes puntos de muestreo..... 41
Tabla 6	Resultados de la clasificación de suelo según puntos de muestreo. ... 42
Tabla 7	Adsorción de la salinidad por la raíz de la especie Llantén – T1... 43
Tabla 8	Adsorción de la salinidad por la raíz de la especie Llantén – T2... 44
Tabla 9	Adsorción de la salinidad por la raíz de la especie Llantén – T3... 45
Tabla 10	Adsorción de la salinidad por la raíz de la especie Llantén – T4... 45
Tabla 11	Adsorción de la salinidad por las hojas de la especie Llantén – T1 47
Tabla 12	Adsorción de la salinidad por las hojas de la especie Llantén – T2 48
Tabla 13	Adsorción de la salinidad por las hojas de la especie Llantén – T3 48
Tabla 14	Adsorción de la salinidad por las hojas de la especie Llantén – T4 49
Tabla 15	Eficiencia de fitorremediación del Llantén fortificado con humus – T1 51
Tabla 16	Eficiencia de fitorremediación del Llantén fortificado con humus – T2 52
Tabla 17	Eficiencia de fitorremediación del Llantén fortificado con humus – T3 52
Tabla 18	Eficiencia de fitorremediación del Llantén fortificado con humus – T4 53
Tabla 19	Análisis de varianza para el pH empleando la especie Llantén 55
Tabla 20	Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el pH empleando la especie Llantén. 55
Tabla 21	Análisis de varianza para el PSI empleando la especie Llantén ... 56



Tabla 22	Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la conductividad eléctrica empleando la especie Llanten.....	56
Tabla 21	Análisis de varianza para el PSI empleando la especie Llanten ...	57
Tabla 24	Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el PSI empleando la especie Llanten.....	57



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Organigrama de procesos de degradación del suelo	16
Figura 2 Mecanismos de fitorremediación.....	23
Figura 3 Ubicación del área en estudio	32
Figura 4 Esquema de distribución sistemática de puntos de muestro utilizando una malla cuadrada.....	34
Figura 5 Cuarteo de muestras de suelo	34
Figura 6 Organigrama de las unidades experimentales	36
Figura 7 Resultados de diversos iones del suelo.	41
Figura 8 Clasificación de suelos salinos, salino – sódico, sódico en los puntos de muestro.	42
Figura 9 Contenido de sal en las raíces de la especie llantén.....	46
Figura 10 Contenido de sal en las hojas de la especie llantén.....	50
Figura 11 Porcentaje de fitorremediación de la salinidad por la especie llantén.	54



RESUMEN

La investigación surge a razón de que en la comunidad campesina de Tiracoma presenta la problemática de que sus suelos se encuentran degradados por la salinidad; las cuales están afectando enormemente en el rendimiento de sus cultivos para su subsistencia; en ese contexto se plantea el **objetivo** general de determinar el porcentaje de fitorremediación de suelos degradados por salinidad aplicando Llantén fortificado con humus en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana 2024. Con **método** de obtención de datos mediante el muestreo de suelos degradados por salinidad, para seguidamente realizar 4 tratamientos: i) suelo salino (67%) + Arena (33%); ii) suelo salino (67%) + arena (16%) – humus (17%); iii) suelo salino (67%) + arena (10%) – humus (23%); iv) suelo salino (67%) + arena (5%) – humus (28%); y cuantificar la cantidad de sales absorbido, y determinar su eficiencia. En los **resultados** se encontró que en los puntos de muestreo se encontró un suelo salino – sodico, y salino, además se encontró que el tratamiento con suelo salino (67%) + arena (5%) – humus (28%), presento mayor adsorción de la salinidad tanto en las raíces como en sus hojas con una eficiencia del 21.47% de pH, 99.10% de conductividad eléctrica, 86.99% de PSI, caracterizado como sustrato normal sin salinidad. **Concluyendo** que la especie Llantén logra fitorremediar los suelos degradados por salinidad en la comunidad Campesina de Tiracoma del distrito de Cabana.

Palabras clave: Fitorremediación, *Plantago major*, salinidad, conductividad eléctrica, humus, suelos degradados.

ABSTRACT

The research arises because the rural community of Tiracoma presents the problem that their soils are degraded by salinity; which are greatly affecting the performance of their crops for their livelihood; in this context the general objective is to determine the percentage of phytoremediation of soils degraded by salinity applying Llantén fortified with humus in the rural community of Tiracoma in the district of Cabana 2024. Data was obtained by sampling salinity degraded soils, and then performing 4 treatments: i) saline soil (67%) + sand (33%); ii) saline soil (67%) + sand (16%) - humus (17%); iii) saline soil (67%) + sand (10%) - humus (23%); iv) saline soil (67%) + sand (5%) - humus (28%); and quantifying the amount of salts absorbed, and determining their efficiency. In the results it was found that in the sampling points it was found a saline - sodic soil, and saline, in addition it was found that the treatment with saline soil (67%) + sand (5%) - humus (28%), presented greater adsorption of salinity both in roots and leaves with an efficiency of 21.47% of pH, 99.10% of electrical conductivity, 86.99% of PSI, characterized as a normal substrate without salinity. It is concluded that the Llantén species is able to phytoremediate soils degraded by salinity in the rural community of Tiracoma in the district of Cabana.

Keywords: Phytoremediation, *Plantago major*, salinity, electrical conductivity, humus, degraded soils.

INTRODUCCIÓN

Uno de los primordiales perjuicios que se plantean en las grandes extensiones de tierras agrícolas es la salinización del suelo, según Lope (2021), este problema afecta a más de 850 millones de Ha. en el planeta. Este deterioro no es nuevo para Colombia; el Mapa Nacional de Deterioro de Suelos por Salinidad publicado por el IDEAM en 2017 muestra que el exceso de sales perjudica alrededor del 12,3% de los suelos colombianos, es decir, 14 millones de hectáreas (Mejía et al., 2024). El uso de fertilizantes agrícolas ricos en sales de sodio y sustancias nitrogenadas como la urea produce altas concentraciones de iones halógenos, incluidos cloruros, carbonatos, sulfatos, y bicarbonatos de sodio, magnesio, potasio y calcio. Estos materiales se acumulan en el sustrato y producen costras blancas que merman la capacidad del suelo para intercambiar cationes y el potencial de los vegetales para absorber agua y nutrientes. Esto reduce la fertilidad de la tierra y la producción (Rodríguez, 2023).

Procesos naturales o de salinidad primaria, como la meteorización de minerales primarios, niveles freáticos altos o sequías prolongadas, pueden producir este fenómeno (Cervantes, 2020), en estos casos, la ausencia de escorrentía impide que las sales sean arrastradas por el agua, haciendo que se fijen más firmemente en el agregado (Mendoza, 2020). Sin embargo, las actividades antropogénicas como el riego con aguas de pozo o manantial ricas en sales de magnesio y sodio (Romero & Loayza, 2023), el uso excesivo de fertilizantes y las precipitaciones con altas concentraciones de sulfatos provocadas por reacciones secundarias de emisiones atmosféricas provenientes de la combustión son las principales causas de salinización excesiva en los



suelos (Ramirez, 2016), Este tipo de salinidad que resulta de la acción humana se conoce como salinidad secundaria (Ramirez, 2016).

En las zonas áridas, que representan el 41% de la superficie terrestre y están clasificadas como zonas climáticas hiperáridas, semiáridas, áridas, y subhúmedas secas por la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (Paico & Surco, 2019), la salinidad del suelo es muy típica. Este tipo de regiones se distinguen por precipitaciones escasas, irregulares y de baja frecuencia, y una gran extensión térmica entre la noche y el día, además de escasas concentraciones de material orgánico y agua en el suelo. La fragilidad intrínseca de los ecosistemas secos está determinada por la escasez de agua, la mala calidad del suelo y la baja productividad provocada por deficiencias en materia orgánica (Mendoza, 2020).

En esta situación, los sistemas de riego y el aporte externo de los nutrientes que faltan en el sustrato son las únicas opciones para el desarrollo agrícola. En general, y teniendo en cuenta las condiciones climáticas antes mencionadas, la deficiencia de estos elementos es aportada por aguas extraídas de acuíferos que contienen altos niveles de sales de hierro y sodio, o aniones como sulfatos, cloruros y bicarbonatos, que provocan una acumulación excesiva de sales en el perfil del suelo (Vasquez, 2018) puede elevar significativamente la salinidad del suelo y, por tanto, su improductividad (Yang et al., 2020). Este comportamiento también suele ser causado por el agua en el proceso de evapotranspiración agregada, que eleva significativamente su potencial osmótico e impide que la red radicular de la planta absorba agua.



La aldea de Tiracoma, en la zona de Cabana, es el caso concreto abordado en esta investigación. Debido a múltiples causas naturales y antropogénicas, el sustrato del suelo presenta importantes niveles de salinidad. Dado que la agricultura provee los recursos de la región y sostiene su economía, el deterioro gradual del suelo provocado por las altas concentraciones de sal en el recurso puede resultar en problemas a mediano y largo plazo que afecten no sólo al medio ambiente sino también a la comunidad que depende enteramente de las actividades mencionadas a nivel económico y social.

Ante esta circunstancia, expertos en los campos de la biología, microbiología, agronomía e ingeniería han desarrollado una serie de técnicas para remediar los suelos salino-sódicos, en un esfuerzo por restaurar la calidad y productividad del recurso de la forma más veloz y completa viable (Vargas & Viera, 2019). La remediación mediante el uso de plantas es el primer método y el más popular. Se basa en el hecho de que los organismos absorben sales y las utilizan como sustancia necesaria para sus procesos metabólicos, neutralizando las sales o transformándolas de otra manera en una forma menos dañina o inocua para el sustrato (Simanca, 2017).

Debido a que sus grandes contenidos de materia orgánica pueden controlar las características fisicoquímicas del suelo a niveles adecuados para uso agrícola y mejorar en gran medida la fertilidad del suelo, la adición de enmiendas orgánicas o compost mesófilo es otra técnica empleada con frecuencia (Bonilla, 2018). Sin embargo, en los procesos de fitorremediación se utilizan plantas halófitas, es decir, especies vegetales que se encuentran en ambientes altamente salinizados como manglares, pantanos o playas. Estas



plantas eliminan las sales del sustrato absorbiendo grandes cantidades de sales y utilizándolas como biomasa para formar hojarasca (Casas & Galvan, 2019).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se llevó a cabo la investigación titulada "Fitorremediación de suelos degradados por salinidad mediante el uso de plátano en la comunidad campesina de Tiracoma, distrito de Cabana, 2024". El trabajo consta de cuatro capítulos principales, los cuales se detallan a continuación.

El Capítulo I plantea el tema de la investigación, sus fundamentos y las hipótesis planteadas. El Capítulo II contiene el marco teórico y conceptual, así como las referencias bibliográficas (investigaciones previas). El Capítulo III describe el diseño y la naturaleza de la investigación, la población estudiada y la muestra, junto con las técnicas, los instrumentos, la metodología y los análisis estadísticos. El Capítulo IV presenta los resultados obtenidos, el análisis estadístico y la discusión, y finaliza con las conclusiones y las sugerencias.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

La acumulación de sales en la superficie del suelo y/o el empleo de prácticas impropias de manejo del suelo y riego son las primordiales causas de salinización del suelo en la actualidad en todo el mundo (Simanca, 2017), Esto perturba las situaciones fisicoquímicas e hidráulicas del suelo, provocando carencias nutricionales y toxicidades iónicas como el Na^+ , junto con pérdida de estabilidad de su estructura, incremento del pH y de la conductividad eléctrica del suelo (Amini et al., 2015). Esto hace que la vegetación de estas superficies sea escasa o ninguna, y se estima que $9,55 \times 10^6$ ha de suelos en todo el mundo están afectadas por la salinidad en alguna medida.

El Perú, no es ajeno a esta realidad, con un 99% de sus tierras sufriendo degradación de suelos principalmente como consecuencia de la actividad humana; se explica que el 26,9% (35,383,753 Has) de la superficie presenta perjuicios de desertificación, y el 0,24% (306. 70 Has) tiene salinización, presentándose esta última principalmente en la región costera (MINAGRI, 2016); Debido a que los pequeños agricultores son propietarios de una parte importante de estos suelos, el bajo rendimiento de los productos agrícolas está contribuyendo a un incremento de los requerimientos básicos insatisfechos en

los asentamientos donde se presentan (Paico & Surco, 2019); Del mismo modo, Casas & Galvan (2019), afirman que si la salinidad del suelo sigue aumentando, pueden surgir una serie de problemas, como la desertificación y la minimización de la producción agrícola. La expansión foliar, en la que la planta intenta equilibrar su capacidad hídrica derrochando agua, es un signo claro del impacto de un suelo salino en el potencial de las plantas para absorber el recurso hídrico. A razón de su sensibilidad, la mayoría de los cultivos se ven inmediatamente afectados por esta circunstancia (Fustamante & Galvan, 2019).

No obstante, en la región de Puno; característicamente en los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana; presenta la problemática de que sus suelos se encuentran degradados por la salinidad; las cuales están afectando enormemente en el rendimiento de sus cultivos para su subsistencia, muy aparte de ello también se evidencia la pérdida de biomasa, la alteración en el color del suelo y tamaño de las especies vegetales; todo ello a razón de que la salinización; incide en la asociación hídrica de la planta, con el evento llamado plasmólisis, que consiste en dar agua, hasta deshidratar la célula y retrasar su crecimiento limitándolo en un 30% y en su equilibrio nutricional (Fustamante & Galvan, 2019); ante ello se asienta el desarrollo de la presente investigación planteándose las siguientes interrogantes

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Sera posible fitorremediar los suelos degradados por salinidad aplicando Llantén fortificado con humus en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana 2024?

1.2.2. Problemas Específicos

- ✓ ¿Cuál es la concentración de sales presentes en los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024?
- ✓ ¿Qué concentración de sales es absorbida por la especie Llantén fortificado con humus de los suelos degradados por salinización en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024?
- ✓ ¿Cuál es la eficiencia del Llantén fortificado con humus para la fitorremediación de la salinidad de los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar el porcentaje de fitorremediación de suelos degradados por salinidad aplicando Llantén fortificado con humus en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana 2024

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar la concentración de sales presentes en los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024
- ✓ Cuantificar la concentración de sales absorbida por la especie Llantén fortificado con humus de los suelos degradados por salinización en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024
- ✓ Determinar la eficiencia del Llantén fortificado con humus para la fitorremediación de la salinidad de los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024

1.4. Justificación de la investigación

Hoy en día el presente trabajo de investigación se justifica a razón a que los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, se exhiben con elevadas concentraciones de sal; lo cual se hace visible por el color de los suelos y sabor de dicho sustrato; ocasionando una baja presencia de biomasa; así mismo causa enormes pérdidas al agricultor incidiendo su calidad de vivir; debido a que sus cultivos no presentan el mismo rendimiento con respecto a los demás suelos sin presencia de sales; motivo por el cual se pretende dar a conocer la fitorremediación de dichos suelos con presencia de sales mediante especies vegetales, siendo en este caso el llanten, mediante ello poder alcanzar la recuperación de las incidencias de las sales en el suelo.

Justificación Social

La presente investigación favorecerá a la población que habita en la comunidad campesina de Tiracoma, ya que hará que los suelos afectados por las sales sean fértiles y útiles para una buena agricultura, asimismo para que la vegetación presente mejores rendimientos

Justificación Técnica.

Ademas los resultados generaran a la sociedad científica; un novedoso conocimiento; procedimientos, estrategiaas del cuidado del medio ambiente a fin de asegurar sostenibilidad ambiental.

Justificación Económica

En el contexto económico, esta tecnología es una solución de fácil empleo, este se presenta como una alternativa altamente recomendable debido a sus bajos costos.

Justificación ambiental

Además, proporciona una justificación medioambiental para la realización del presente estudio, ya que la salinidad daña el suelo de la comunidad estudiada, lo que está provocando el deterioro de la calidad del ecosistema. Como resultado, se requiere la remediación del suelo.

De igual forma, el objetivo de esta investigación es educar al público y a los profesionales del medio ambiente para que recomienden especies vegetales como el Llantén como tecnología de fitorremediación de un suelo salino, reduciendo así la concentración de sales y, por consiguiente, la problemática ambiental que afecta a la zona, donde los pobladores son los principales impactados.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis alterna

La fitorremediación de suelos degradados por salinidad es posible aplicando Llantén fortificado con humus en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana 2024

1.5.2. Hipótesis nula

La fitorremediación de suelos degradados por salinidad no es posible aplicando Llantén fortificado con humus en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana 2024

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente

- ✓ Llantén fortificado con humus



1.6.2. Variable dependiente

- ✓ Fitorremediación de suelos degradados por salinidad

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

<u>VARIABLES</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>	<u>UND</u>	<u>METODOLOGIA</u>
<u>Independiente</u>	Dosis de humus	0	%	<u>Diseño de investigación</u>
		17	%	
		23	%	
		28	%	
	Sales absorbidas	En la parte aérea (hojas)	---	No experimental
<u>ndiente</u>	Sales	En la parte radicular (raíz)	---	<u>Tipo de investigación</u>
		pH	Und	
		(Na ⁺)	Cmol/Kg	
		(Ca ²⁺)	Cmol/Kg	
		(Mg ²⁺)	Cmol/Kg	
	Sales	(SO ₄ ²⁻)	Cmol/Kg	Aplicativo
		(Cl ⁻)	Cmol/Kg	
		PSI	%	
		CE	ds/m	
		(Na ⁺)	%	
Fitorremediación de suelos degradados por salinidad	Porcentaje de fitorremediación	(Ca ²⁺)	%	<u>Nivel de investigación</u>
		(Mg ²⁺)	%	
		(SO ₄ ²⁻)	%	
		(Cl ⁻)	%	
		PSI	%	
		CE	%	



CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Domínguez (2024), **evaluó la tolerabilidad a la salinidad de *Limonium irtaense***. Se ha iniciado el establecimiento de neopoblaciones en regiones costeras adyacentes y se han adquirido 03 huertos semilleros con diversos ejemplares. Para apoyar esta importante estrategia de conservación in situ es necesario conocer a fondo la capacidad de las especies introducidas para soportar el estrés ambiental. Como la mayoría del género *Limonium*, *L. irtaense* es una planta halófila. Sin embargo, poco se sabe sobre la capacidad de esta especie para soportar altos niveles de sal. Probar la resistencia a la sal en especímenes suministrados por el Centro de Investigación y Experimentación CIEF ha sido el objetivo de este esfuerzo. En condiciones de invernadero cuidadosamente controladas, las plantas recibieron tratamientos de riego salino. Al término de los tratamientos, se evaluaron los indicadores de crecimiento y reproducción y se observaron fenológicamente todas las plantas. Por último, se han realizado pruebas sobre el potencial de germinación de las semillas

generadas por estas plantas. Con el fin de elegir lugares para la reinserción de esta especie en riesgo crítico, los datos se enviarán al CIEF.

Rodriguez (2023), **evaluo la incidencia del empleo de Ácido Salicílico para inmovilizar la Matriz de Alginato Calcio sobre la especie *Solanum lycopersicum* L.** Una matriz de alginato-calcio (perlas de alginato al 2%), ácido salicílico 0,01 mM (AS 0,01 mM), ácido salicílico 0,01 mM paralizado en una matriz de alginato-calcio (AS 0,01 mM impedido en alginato al 2%) y solución Steiner (tratamiento de control) fueron los cuatro tratamientos que se aplicaron a plántulas de tomate y se evaluaron en este estudio. En plantas de la especie *Solanum lycopersicum*, las incidencias de los tratamientos se analizaron mediante la valoración de factores agronómicos, capacidad antioxidante total y ciertas variables bioquímicas 24 horas después de cada una de las dos dosis administradas (variables agronómicas excluidas). Se utilizaron cuatro tratamientos y cinco repeticiones en el diseño completamente aleatorizado, que se alcanzó a cabo en un invernadero. Las mediciones métricas y el análisis espectrofotométrico fueron los métodos utilizados para las determinaciones, y se consideraron pertinentes las siguientes conclusiones: Se compararon plantas tratadas únicamente con alginato (ALG) y aquellas tratadas con ácido salicílico (AS). En cuanto a la medición de clorofila total, las plantas con ácido salicílico incorporado al alginato (AS+ALG) mostraron un rendimiento superior. Respecto a las características agronómicas, los tratamientos con AS+ALG y ALG arrojaron los mejores resultados. Por otro lado, el mayor contenido de antioxidantes totales se observó en las plantas tratadas con ambos tratamientos (AS+ALG y ALG).

Romero & Loayza (2023), **evaluaron la eficiencia del empleo de microorganismos y elementos vegetales para rehabilitar suelos salinos y optimizar el desarrollo inicial de las plantas de platano.** En el diseño experimental DCA se utilizó un total de 50 repeticiones y cuatro tratamientos distintos. Como parte de los tratamientos se utilizaron *Trichoderma spirale*, *asperellum*, NPK, carbón vegetal en polvo y raquis picado en diferentes combinaciones. Un conjunto de control que no recibió ningún cuidado añadido se contrastó con estos tratamientos. Los factores agronómicos analizados fueron la altura de la planta, el diámetro y la emisión foliar. Además, se analizaron factores edáficos como el pH, el C.E. y el O.M.. Estos son marcadores importantes del desarrollo de las plantas. Con respecto al grupo control, indican una variación significativa entre todos los tratamientos con microbios y material vegetal. Esto implica que el uso de estas técnicas puede ser una táctica útil para restaurar los suelos salinizados y fomentar el desarrollo robusto de las plantas de plátano.

Lastiri (2019), **evaluó una especie forrajera usualmente empleada en la región de la Ciénega con potencial para fitorremediar suelos salinos.** La investigación se desarrolló en dos fases. En la primera, se expusieron 07 especies forrajeras a distintas proporciones de NaCl (0, 50, 100, 200 y 400 mM,) durante 21 días en un experimento controlado para investigar los efectos de la sal en la imbibición y la germinación. La segunda etapa consistió en evaluar el potencial de fitodesalinización de la especie en invernadero. Se colocaron ocho kilogramos de suelo franco arcilloso cada uno dentro de las macetas, que no estaban perforadas. Se examinaron tres valores de salinidad con NaCl (5,3, 7,12 y 10,8 dS m⁻¹). El Na⁺, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ se estimaron por medio de espectrometría de absorción atómica y digestión ácida. El día 90 después de la

germinación (DDG) marcó el final del experimento. Para cada característica examinada (imbibición, germinación, absorción de sal en hojas, tallos y raíces, y capacidad fitodesalinizadora), se evaluó la variación entre las medias de los experimentos mediante la prueba de Tukey. Todas las especies respondieron de forma variada al estrés salino durante la etapa de inhibición, primordialmente a 200 y 400 mM. Esto se convirtió en una fuerte minimización de los grados de absorción con respecto a sus propios controles, que posteriormente se reflejó en su capacidad germinativa. Las especies que demostraron mayor tolerancia al estrés salino fueron *H. vulgare*, *L. perenne* y *V. sativa*. En la segunda fase, se descubrió que la especie *V. sativa* tiene un potencial de extracción óptima en las dosis de 7,12 y 10,8 dS m⁻¹, con niveles de 36,3 y 40,4 kg por hectárea, respectivamente. También tiene una capacidad óptima de fitodesalinización a niveles moderados y fuertemente salinos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Mejía et al. (2024), **aplicarán el bioestimulante CBX-103 para la mejora del desarrollo de *Arabidopsis thaliana* Col 0 bajo escenarios de estrés salino**, Los ácidos carboxílicos, los ácidos succínicos y los oligogalacturónidos se encuentran entre los componentes del bioestimulante CBX-103, que se produce por medio de una fermentación enzimática regulada de extracto vegetal de *Saccharum officinarum* L. Según la investigación, la aplicación foliar del bioestimulante en plantas sometidas a estrés salino elevan la cantidad foliar de prolina, reduciendo así las incidencias negativas del estrés, como se muestra a grado biométrico, y controlando las fases de desarrollo. Debido al aumento de



la acumulación de proolina y a los efectos de sus elementos, se sugiere como método de acción una vía en el control energético de las plantas.

Davila & Flores (2023), **determinaron la dosis ideal del vermicompost en la recuperación de los suelos salinos que consienta incrementar el rendimiento del *Raphanus sativus* L.** En este estudio experimental y aplicativo se utilizaron estadísticas descriptivas. Se emplearon las concentraciones de 2 kg, 4 kg y 6 kg en 4 kg de suelo salino. El tratamiento se analizó durante un lapso de 50 días, y después se dispuso en un laboratorio para analizar los parámetros fisicoquímicos. A continuación se sembró y cosechó el rábano (*Raphanus sativus* L.), que tenía un periodo vegetativo de 69 días. Los resultados mostraron que no se obtuvo rendimiento con la dosis baja, mientras que el peso del fruto fue de 10 gramos con la dosis media. Se determinó que la dosis de 6 kg de vermicompost reducía la conductividad eléctrica y el pH, al tiempo que aumentaba el potencial de intercambio catiónico, el material orgánico y la porosidad. El resultado fue un suelo fértil, lo que se confirmó al plantar y cosechar rábano (*Raphanus sativus* L.).

Amituma et al. (2023), **determinaron la incidencia del empleo de estiércol de cuy y vaca para la biorrecuperar suelos salinos.** Las fases del estudio fueron el muestreo del suelo, la edificación de la planta piloto, el tratamiento del suelo salino, el cálculo del (PSI) y el cálculo del coeficiente de absorción de sodio (SAR). En la investigación se empleó un diseño de bloques totalmente aleatorizados con dos repeticiones a los 30, 60 y 90 días. Los resultados indicaron que el PSI alcanzó un porcentaje del 8% y un aumento de sus nutrientes, el pH alcanzó una caída pequeña de 8,06 a 7,4, y la CE tuvo una caída de hasta 1,2 mmhos/cm. En este sentido, el suelo salino se benefició de la

aplicación de estiércol de vaca y de cobaya, que mejoraron las peculiaridades químicas y físicas del suelo y tuvieron un impacto de biorremediación.

Galecio & Tarazona (2022), **determinaron el descenso de la salinidad empleando *Sesuvium portulacastrum* y *Aptenia cordifolia* en condiciones de Chancay.** Para cada especie vegetal, se realizaron ensayos en cuadrículas de suelo de 50 m por 50 m. Para determinar los valores de disminución, el tratamiento se administró in situ durante 63 días y se observó a los 0, 30 y 63 días tras la plantación. Según los resultados, *Sesuvium portulacastrum* redujo la salinidad del suelo de 5,63 a 1,05 mS/cm. Sin embargo, *Aptenia cordifolia* redujo la salinidad de 5,23 a 3,5 mS/cm. Por último, se determina que ambas plantas pueden utilizarse en diversos lugares y son formas eficaces de reducir las sales en suelos demasiado salinizados.

Paico & Surco (2019), **evaluaron la incidencia de la fitorremediación empenado *Armuelle* (*Atriplex Hortensis*) fortalecido con enmiendas orgánicas para reahbilitar suelos salinos de Cañete.** En el estudio se empleó la especie halófila *Atriplex hortensis*, que se evaluó en parte aérea y raíz para cada unidad experimental. El tratamiento se aplicó mediante siembra directa y riego con agua desionizada. El tratamiento se efectuó en parcelas con repeticiones, teniendo en cuenta cinco concentraciones. Utilizando la CE, las concentraciones de las sales de sodio iniciales C0, C1, C2, C3 y C4 en el suelo se determinaron en 2,7, 10,24, 18,11, 33,13 y 37,73 dS/m. Tras 50 días de tratamiento, el desarrollo de *Atriplex hortensis* fue superior en las concentraciones C2 y C3 de la terapia. Se apreció que la parte aérea de la halófita, tanto en el grupo de tratamiento (0,00714 mg/l) como en el de control (0,00257 mg/l), presentaba la mayor concentración de Na⁺. Cuando se

examinaron en el suelo los parámetros fisicoquímicos, los resultados indicaron un mayor porcentaje de eliminación de Na^+ en el C0 del 95%. A lo largo de las concentraciones y la duración, el pH mostró una disminución en un rango de 6,66 a 6,96 después del tratamiento con respecto al grupo control (6,8 a 8,25). El C0 mostró el mayor aumento del M.O., con un 0,076%. Se ha determinado que el potencial fitorremediadora de *Atriplex hortensis* manifiesta más en su zona aérea que en su raíz.

Vargas & Viera (2019), **recuperaron el suelo salino aplicando vermicompost y bacterias halófilas**. El problema de la salinización reduce la productividad del suelo al alterar sus características químicas y físicas. El diseño fue experimental y aplicado. Tomando en cuenta una muestra que incluyó 3130 kg de suelo salino para tratar in situ en un área de 10.5 m² con un volumen de 3.13 m³, la población se constituyó por los suelos salinos del distrito de San Bartolo. Se utilizaron tarjetas de registro para documentar las propiedades del vermicompost, los rasgos morfológicos y microscópicos de las bacterias halófilas y la data recogidos antes y después del tratamiento. Se emplearon tres secciones de cada tratamiento -vermicompost al 5%, 10% y 15%- así como bacterias halófilas a 2, 3 y 4 riegos por semana para crear nueve tratamientos con el fin de evaluar la recuperación de los suelos salinos. Según los resultados, el tratamiento 9 fue el que tuvo más éxito en la recuperación de suelos salinos, reduciendo las sales a 2,881 dS/m. El uso de bacterias halófilas y vermicompost proporcionó una tasa de desalinización del 87,95%, recuperando la calidad del suelo para posteriores operaciones agrícolas.

2.1.3. Antecedentes locales

Lope (2021), **rehabilito suelos salinos-sódicos empleando yeso agrícola, estiércol de ovino para cultivar quinua**. Utilizando un diseño experimental 2x10x5 completamente al azar, se cultivó quinua en dos suelos con cinco repeticiones y diez tratamientos: yeso agrícola 20, 40 y 60 ton/ha; al igual que el estiércol y su mezcla. Los resultados mostraron que: a) el método hidrotécnico produjo la mayor eficiencia de recuperación de la salinidad del suelo; el CEext del suelo Juli (13,40 mmhos/cm) y del suelo Tiquillaca (14,41 mmhos/cm) disminuyó significativamente a rangos de 2 a 3 mmhos/cm con eficacias de -10,12 y -10,25 mmhos/cm. La mayor eficiencia de disminución de sodicidad se alcanzó con 60 toneladas de yeso agrícola por hectárea; en el suelo Tiquillaca, el PSI de 79,06% disminuyó a 27,26% con eficiencias de -28,96 y -51,80%, mientras que en el suelo Juli, el PSI de 45,58% disminuyó a 16,63%. b) El rendimiento de grano de quinua no fue afectado por la CEext del suelo de 3 a 4 mmhos/cm o PSI >15%, sino por las altas temperaturas (35 a 10°C). c) El yeso agrícola (11 ton/ha) y el estiércol de oveja (11 ton/ha) produjeron la mejor asociación B/C en la recuperación de suelos, recuperando la inversión (s/. 0.01 y 0.11) y disminuyendo el PSI (-8.58 y -19.87%).

Suaña & Nina (2019), **recuperaron suelos degradados por salinización con lavado y empleo de enmiendas orgánicas en el C.P. de Balsapata - Orurillo - Melgar - Puno**"; con la finalidad de restaurar suelos degradados por salinidad en mediante el lavado y la aplicación de enmiendas orgánicas. Para evaluar el lavado y las variadas dosis de enmiendas, se realizó un experimento para evaluar pH, textura, CE, PSI y RaAS. Se utilizaron nueve tratamientos en cada maceta de 4 kilogramos como parte del experimento, que se llevó a cabo

utilizando el DCA con dos factoriales. El primer control, T1, se dejó inalterado, mientras que los demás controles recibieron volúmenes variables de estiércol de cobaya y de vacuno como enmiendas. Los resultados mostraron que una textura franco-limosa y un pH fuertemente alcalino con carbonato cálcico ralentizan la filtración del agua y dificultan la absorción de nutrientes por las plantas. Sin embargo, cuando se aplicaron las enmiendas, se apreció un mayor nivel de filtración; el lavado de baja conductividad produjo una disminución del 81% de la CE, del 80% del PSI y del 48% del RAS. Los resultados indican que la enmienda cárnica del tratamiento 5 tuvo más éxito. Se aconseja utilizar un mejorador químico para sustituir por calcio (yeso) y nivelar el suelo para permitir la distribución uniforme del método de lavado.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Suelo

El suelo es la base principal que permite la existencia de vida en nuestro planeta y constituye la capa superior de la Tierra, un recurso natural de vital importancia. Los expertos en suelo afirman que este es un volumen de material tridimensional, formado a partir de la lenta transformación de las rocas originales mediante procesos químicos, biológicos y físicos. Estos cambios se producen a lo largo del tiempo y dependen del clima, la topografía del terreno y el metabolismo de los seres vivos. Los horizontes son fases verticales de material mayoritariamente no consolidado que se diferencian en el suelo a lo largo de su evolución o edafogénesis. Están formados por elementos orgánicos y minerales, agua y gases, y se distinguen por sus propiedades físicas (potencial redox, pH, CIC), así como características químicas y físicas (textura, capacidad de retención de agua, estructura, porosidad Y aparente) que varían del material

original y entre sí. El perfil del suelo está constituido por un conjunto de horizontes, y su estudio consciente clasificarlos en diversas unidades edáficas y esclarecer los procesos formativos que han tenido lugar (Montes, 2019).

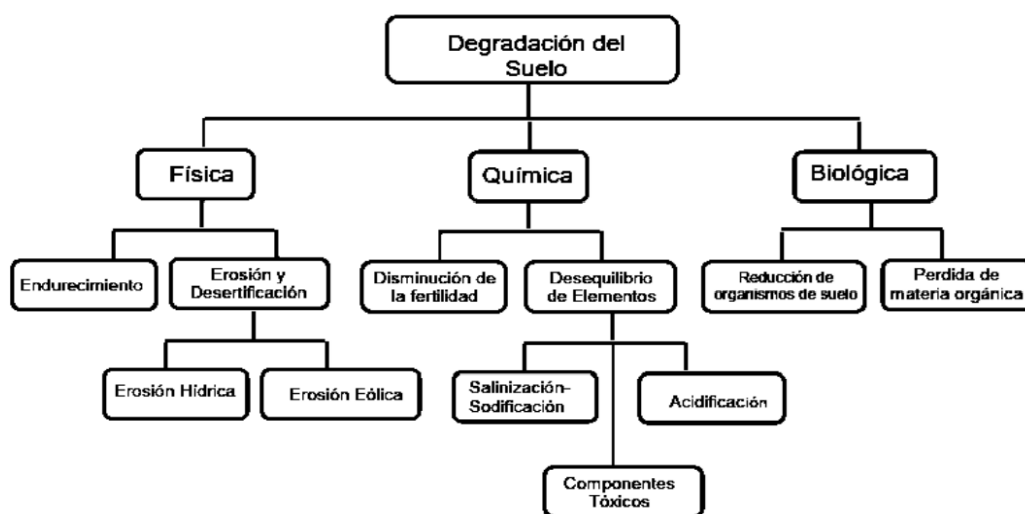
2.2.2. Degradación del suelo

La degradación del suelo se produce cuando este se vuelve menos productivo en cantidad o calidad debido a factores como la erosión eólica, la erosión hídrica, el deterioro de la estructura del suelo o el aumento de los niveles de sal y acidez en el mismo. Según Pastor (2016), la degradación del suelo también puede describirse como la variación del equilibrio actual entre sus componentes como resultado de cambios en sus características físicoquímicas biológicas.

Aunque el error humano es la principal fuente de procesos de degradación, elementos naturales como la pendiente local, (Hurtado, 2019). La figura 1 ilustra cómo podrían combinarse estos eventos en función del tipo de deterioro que causan.

Figura 1

Organigrama de procesos de degradación del suelo



Nota. Obtenido de (Hurtado, 2019)

2.2.3. Salinidad en el Suelo

La presencia de sales solubles en elevados contenido en el suelo provoca salinidad. La presencia de sales tiene dos efectos sobre el suelo: por un lado, pueden ser tóxicas debido a la presencia de determinados iones, como el sodio, y por otro, elevan la presión osmótica de la solución, lo que impide que las plantas absorban agua. De hecho, este efecto aumenta el potencial matricial, lo que provoca que los suelos salinos se toleren fisiológicamente como secos con un grado de humedad notable (Pastor, 2016).

El término «salinización» se refiere a una clase de degradación y/o evento natural que ocurre cuando sales, tales como potasio (K^+), sodio (Na^+), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), y aniones cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), y carbonato (CO_3^{2-}), se acumulan en el agua en zonas áridas y semiáridas. Cabe señalar que estas sales presentan efectos perjudiciales sobre las características fisicoquímicas de los suelos, así como sobre sus raíces de las plantas, lo que a su vez afecta su desarrollo, y rendimiento (Ramírez, 2016).

Según Pastor (2016), el criterio principal para la clasificación de suelos salinos es la conductividad eléctrica del suelo, que suele calcularse en el compendio de saturación.

Tabla 2

Categorías de suelos salinos según la conductividad eléctrica

Categorías	CE promedio (dS/m)	Características
No salino	<2	Ningún cultivo es afectado
Ligeramente salino	2 - 4	Afectado los cultivos sensibles
Salino	4 - 8	Afectado muchos cultivos

Fuertemente salino	8 – 16	Posibles sólo cultivos tolerantes
Extremadamente salino	>16	Muy pocos cultivos son posibles

Nota. Obtenido de (Ramirez, 2016)

2.2.3.1. Fuentes de salinización

La meteorización de minerales que componen la corteza terrestre es una de las causas primordiales o naturales de la salinidad de los suelos. Además, su aparición en regiones secas y semiáridas tiene un origen evaporítico o sedimentario debido a la infiltración de aguas subterráneas y marinas salinas (Casas & Galvan, 2019).

Una de las causas primordiales o naturales de la salinidad del suelo es la meteorización de minerales que componen la corteza terrestre. También, debido a la afluencia de aguas costeras y subterráneas salinas, su existencia en regiones secas y semiáridas tiene un origen evaporítico o sedimentario (FAO, 2016).

2.2.3.2. Clasificación de suelos por salinización

La (CE), el (PSI) y el (pH) son los tres indicadores principales utilizados para determinar si un suelo está salinizado. La CE muestra la cantidad de sal que se ha acumulado en el suelo, el PSI muestra el porcentaje de sodicidad en el suelo y el pH muestra qué tan neutralizado está el suelo (Pinchao, 2013).

De acuerdo con lo anterior, Hurtado (2019), identifica que las tres principales categorías de suelos impactados por salinización se representan en la Tabla 2, donde se explican los atributos en asociación con indicadores como el pH, la CE y la proporción de PSI:

Tabla 3*Clasificación de suelos afectados por salinización*

Tipo de suelo	pH	PSI (%)	CE (dS/m)
Normal	6 a 7	<15	<2
Salinos	<8.5	<15	>4
Sódicos	>8.5	>15	<4
Salino-Sódicos	>8.5	>15	>4

Nota. Obtenido de (Hurtado, 2019)

Por lo tanto, según Hurtado (2019), todos los suelos tienen alguna cantidad de sales, pero las principales causas de la acumulación de sales solubles en el suelo son el drenaje deficiente, la evapotranspiración excesiva y la precipitación inadecuada, que se catalogan del siguiente modo: suelos salinos, sódicos y salino-sódicos.

2.2.4. Fitorremediación

Es un grupo de técnicas que utilizan la actividad metabólica de las plantas vinculadas a los organismos que habitan el suelo para minimizar el contenido de variados elementos químicos nocivos tanto in situ como ex situ. Así, la fitorremediación emplea especies para eliminar, reducir, cambiar, mineralizar, descomponer, volatilizar o estabilizar las sustancias contaminantes (Mendoza, 2020). Además, se trata de enfoques que utilizan acciones metabólicas de las plantas asociadas con organismos que se encuentran en la tierra, de manera que se reduce la cantidad de diferentes contaminantes químicos en lugares específicos o en ubicaciones externas (Bonilla, 2018).

Establecer una cubierta vegetal densa es necesario para la fitorremediación; sin embargo, el principal factor que limita el desarrollo de las

plaaantas y su tolerancia al contaminante, conocido como hiperacumulación, es la alta concentración del contaminante (Bonilla, 2018).

2.2.4.1. Ventajas y limitaciones de la fitorremediación

Seguidamente se exhiben los beneficios e inconvenientes de la fitorremediación que Mendoza (2020) examina:

Ventajas.

- Con este método pueden remediarse tanto los contaminantes orgánicos como los inorgánicos.
- No necesita equipos costosos ni altamente cualificados.
- Esta técnica también puede emplearse «in situ».
- Minimiza la alteración del suelo y la dispersión de contaminantes.
- Los resultados de la aplicación demuestran que la tecnología de fitorremediación es más rentable que otras técnicas tradicionales.
- En comparación con la mayoría de los microbios, varias especies vegetales pueden soportar mayores cantidades de contaminantes orgánicos.

Limitaciones

- La principal limitación viene dictada por la disposición contaminante del suelo y la profundiidad a la que comprenden las raíces.

- Las altas concentraciones de contaminantes pueden condicionar el desarrollo de las especies veegetales.
- Es necesario que se den las circunstancias idoneas para el desarrollo de los cultivos que se vayan a aplicar, en función de la climatología.
- Los perjuicios inducidos por algunos padecimientos pueden afectar a la capacidad de la vegetación para funcionar eficazmente.
- El empleo de especies vegetales impropias o exóticas puede perturbar la biodiversidad.

2.2.5. Plantas utilizadas en la fitorremediación

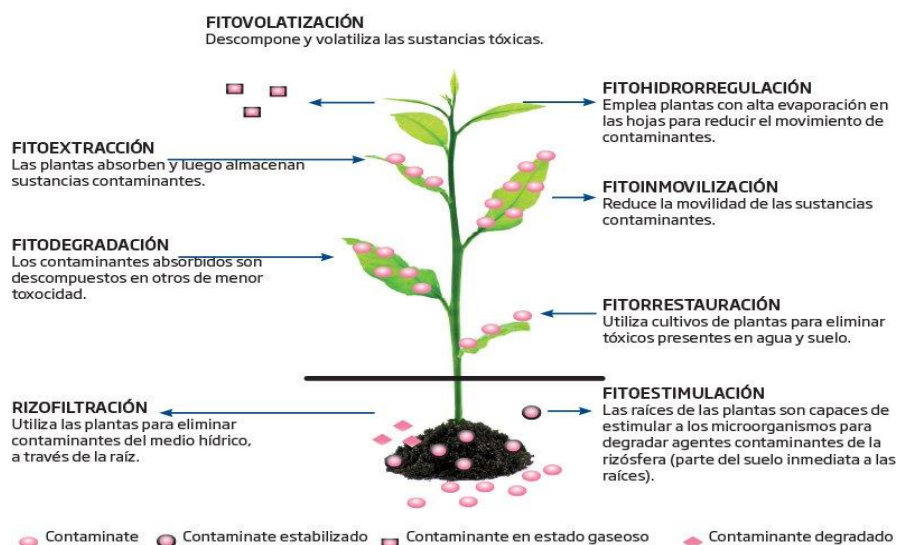
La principal limitación se debe a la contaminación del suelo y a la profundidad que pueden alcanzar las raíces. Si hay una mayor concentración de contaminantes, algunas plantas podrían no desarrollarse adecuadamente. Es fundamental que el entorno sea propicio para las plantas que se desean cultivar, y también es necesario considerar el tipo de clima presente. Los daños causados por algunas enfermedades pueden repercutir en la eficacia de la capacidad de la vegetación. - La utilización de especies no idoneas o exóticas puede ocasionar cambios en la biodiversiidad (Mendoza, 2020).

2.2.5.1. Mecanismos de Fitorremediación

Según Bonilla (2018), se utiliza uno de los siguientes métodos para eliminar contaminantes:

- **Fitoextracción-.** Esta estrategia utiliza especies vegetales que absorben sustancias químicas tóxicas o materia orgánica del suelo, reteniéndolas y almacenándolas en partes que pueden cosecharse sin mostrar signos de intoxicación. Las sustancias peligrosas se desplazan hacia arriba a través de las raíces, los tallos o las hojas. Al elegir las plantas, es necesario considerar varios factores, como el tamaño de la raíz, la velocidad de crecimiento, la cantidad de contaminantes que absorben, la masa vegetal y su capacidad de infiltración de agua. Los helechos, los musgos y algunas gramíneas son especies que absorben una gran cantidad de contaminantes y toleran mejor los cambios ambientales que otras.
- **Fitoestabilización-.** Utilizar las plantas para mejorar las condiciones fisicoquímicas de la comunidad reduciendo la cantidad de contaminantes que se mueven y están disponibles en los sistemas biológicos, e impidiendo que esos contaminantes sean transportados a zonas subterráneas o lleguen a la atmósfera.
- **Fitoimmobilización-.** Aplicación de raíces de plantas para reparar o retener contaminantes del suelo.
- **Fitovolatilización-.** Las plantas se utilizan para eliminar contaminantes del aire y de la zona a través de la volatilización. Se produce cuando los contaminantes orgánicos solubles y el agua son absorbidos por las plantas en desarrollo. Es posible que algunos de los contaminantes lleguen a las hojas y se volatilicen o evaporen al cielo.

- **Fitodegradación-.** Los contaminantes orgánicos pueden descomponerse en moléculas más pequeñas empleando plantas y microbios afines. A veces los productos de la descomposición ayudan a la planta a desarrollarse más rápidamente, y otras veces los contaminantes sufren una biotransformación.
- **Rizofiltración-.** proceso por el que las raíces absorben los contaminantes hídricos y otros desechos acuosos. Los contaminantes son mejor absorbidos, concentrados y precipitados por las raíces de las plantas terrestres con grandes áreas de superficie y rápidas tasas de crecimiento.
- **Fitoestimulación-.** La producción de exudados radiculares por parte de las plantas rizodegradadoras favorece el desarrollo de bacterias autóctonas capaces de descomponer moléculas orgánicas xenobióticas.

Figura 2*Mecanismos de fitorremediación*

Nota. Obtenido de (Bonilla, 2018)

2.2.6. Fitorremediación de suelos salinos con abonos orgánicos

La base de la biorremediación es la recuperación de suelos salinizados mediante fertilizantes orgánicos, también denominados optimizadores de la estructura y permeabilidad del suelo. Los fertilizantes orgánicos han demostrado resultados eficaces en regiones áridas y son una estrategia crucial para optimizar el ciclo de los nutrientes, la actividad microbiana y el potencial degradativo del contaminante. Para lograrlo, se requieren condiciones ambientales adecuadas y dosis óptimas de fertilizantes orgánicos que faciliten los procesos degradativos de sales y tengan un impacto positivo en la dinámica enzimática y microbiológica del suelo, indicadores indirectos del desarrollo de especies y de la calidad de la tierra (Casas & Galvan, 2019).

Dado que se ha demostrado que los sustratos hechos de compost, turba, fibra de coco, estiércol, mantillo y corteza de pino conscientemente absorber o reemplazar iones de la solución del suelo, acelerar la lixiviación de Na^+ , disminuir el porcentaje de sodio intercambiable y disminuir la CE, las enmiendas de residuos orgánicos son una gran manera de mejorar la biorremediación. Esto, a su vez, aumenta la filtración de agua, el potencial de retención hídrica y la estabilidad de los agregados en los suelos (Amini et al., 2015).

Así mismo, Hurtado (2019), muestra que la reactivación de los ciclos químicos en suelos secos se ve favorecida por la mejora de los fertilizantes orgánicos, ya que los aportes de éstos tienen el potencial de restaurar la fertilidad perdida de los suelos. Además, el uso de fertilizantes orgánicos mejora las

características químicas y microbiológicas de los suelos degradados de las regiones semiáridas, incluido el ciclo de los nutrientes.

Según Cervantes (2020), Los fertilizantes orgánicos buscan principalmente mejorar y corregir las propiedades biológicas y fisicoquímicas del suelo cuando este cuenta con una buena cantidad de materia orgánica y nutrientes. Para recuperar la productividad de los suelos salinos, es necesario su uso en áreas degradadas por la erosión, la salinización o la desertificación, y para ello se requieren prácticas agrícolas adecuadas.

2.2.6.1. Abonos orgánicos empleados

Según Vasquez (2018), Según los autores, los abonos orgánicos se elaboran a partir de componentes vegetales y animales, o combinaciones de éstos, y se aplican a los suelos mediante técnicas de estabilización con la finalidad primordial de mejorar las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo.

Antes de realizar esta actividad, también es menester tener presente los siguientes parámetros que afectan al proceso de preparación (mezcla) de los fertilizantes orgánicos: el origen de los residuos biodegradables, la cantidad de microorganismos presentes, el tamaño de las partículas, la temperatura y el pH. Es importante señalar que para la preparativo de la enmienda orgánica de tal estudio sólo se creó una mezcla antes de incorporarla al suelo. Dado que las partículas de los materiales orgánicos son inferiores a 5 cm y contienen microorganismos del estiércol, se exhiben en las mejores condiciones posibles para su aplicación (FAO, 2016).

Según Vasquez (2018), Es ventajoso emplear materiales orgánicos (enmiendaas) porque mejoran significativamente las características químicas de los suelos salinos al incrementar la CIC, CI, lo que limita la entrada de sodio Adentro del complejo de IC. Vásquez (2018) afirma que los abonos orgánicos mixtos pueden ser manejados eficientemente en el proceso de rehabilitacion de suelos salinos en contextos climáticas desfavorables, como altas temperaturas, evapotranspiración y precipitación anual menor a 300 mm.

Una técnica de gestión que podría frenar la pérdida de material orgánico, sobre todo en sueloos salinos, es el uso de estiércol animal, lodos de depuradora, basura doméstica y residuos vegetales (Hurtado, 2019).

2.2.6.2. Importancia de los abonos orgánicos

La mejor manera de mejorar las características del suelo es utilizar abonos orgánicoos, que pueden aumentar la producción y obtener productos agrícolas de alta calidad u orgánicos. Además, certifica el crecimiento de actividades agroecológicas enfocadas a producir alimentos de alta calidad y saludables (Cervantes, 2020).

Puesto que comienzan con un proceso de degradacion que convierte su contenido orgánico (seres vivos) en su composiición inorgánica (minerales, solubles o insolubles), la importancia de los abonos orgánicos también reside en su variada composiición de la enmienda orgánica. Mientras estos minerales son utilizados por las plantas y los microorganismos, también fluyen a través de la combinación de

fertilizantes orgánicos hacia el suelo. Posteriormente, sufren una estabilización a través del proceso de humificación, que los convierte en humus (Casas & Galvan, 2019).

Así, al restaurar y optimizar las cualidades de los suelos degradados de las regiones áridas y semiáridas mediante el uso de abonos orgánicos, se potenciará y estabilizará el ciclo de los nutrientes y se mantendrá la fertilidad de los suelos salinos. Además, puede mejorar y preparar las características físico químicas y biológicas (Hurtado, 2019)

2.3. Marco conceptual

- a) **Suelo-.** El elemento suelo que se extiende desde la capa superficial de la Tierra hacia varias zonas profundas y está compuesto de partes inorgánicas, elementos vivos, agua, aire y organismos vivos también (Quispe, 2020).
- b) **Salinidad del suelo-.** La acumulación de sales más solubles que el sulfato de calcio se conoce como salinidad del suelo; estas sales suelen incluir calcio, carbonato, bicarbonato, magnesio, sodio, potasio, sulfatos y cloruro (Casas & Galvan, 2019).
- c) **Abonos orgánicos -.** Se denomina abono orgánico a cualquier sustancia orgánica que se mezcla en el suelo para potenciar el desarrollo de las especies, como el compost, el estiércol animal o los residuos de cultivos. Esta palabra engloba una variedad de métodos, como el compost, los residuos orgánicos y los biofertilizantes (Hurtado, 2019).
- d) **Fitorremediación-.** Es una técnica que puede ser empleado tanto in situ como ex situ y emplea plantas para eliminar, desplazar, estabilizar,



acumular y destruir contaminantes (tanto orgánicos como inorgánicos) en suelos, lodos y sedimentos (Mendoza, 2020).

- e) Llantén-.** El llantén, científicamente conocido como *Plantago major* (llantén mayor) o *Plantago lanceolata* (llantén menor), es una planta herbácea perenne. Aunque es originaria de Europa, se ha extendido por todo el mundo y es frecuente verla crecer en jardines, carreteras, pastos y lugares alterados.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1. Diseño de la investigación

Debido a que la variable independiente será modificada adrede, el diseño de investigación del presente estudio es EXPERIMENTAL (Hernandez & Fernandez, 2018).

3.2. Tipo de la investigación

Dado que sus aportes conducen a un mejor conocimiento de una problemática real relacionada con la regulación del estudio de un campo particular, el tipo de investigación para este trabajo es de carácter APLICACIONAL (Hernandez & Fernandez, 2018).

3.3. Nivel de la investigación

Además de definir o aproximarse al problema, el nivel de estudio es de carácter EXPLICATIVO ya que pretende detectar sus razones y demuestra una relación causal (Hernandez & Fernandez, 2018).

3.4. Enfoque de la investigación

A razon de que empleará estadística y se analizarán eventos medibles, ofrece un enfoque CUANTITATIVO.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Una población es un conjunto de personas, personas o cosas que cumplen ciertos criterios (Hernandez & Fernandez, 2018).

Así pues, en este trabajo, se examinaron suelos de reposición que han sido dañados por una capa de sal en la comunidad agrícola de Tiracoma, situada dentro del distrito de Cabana.

3.5.2. Muestra

Se ha considerado un muestreo no probabilístico por conveniencia del ante ello la muestra en estudio esta dado por un criterio no probabilístico por conveniencia; por ello que la muestra esta considerada con 4 unidades experimentales con diferentes proporciones de suelos degradados por salinidad de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Según Hernandez & Fernandez (2018), Se demuestra que, al recopilar datos, se siguen una serie de pasos que brindan la oportunidad de seleccionar los datos con un objetivo específico en mente. La investigación actual utiliza este tipo de estrategias:

✓ Revisión bibliográfica

Con ayuda de la revisión se elaboró un esquema de las ideas principales que constituyeron la base teórica de la investigación (Mejía, 2005).

✓ **Observación Directa**

La observación directa y lógica se considera a menudo el método más fiable para medir cualquier cosa. Por ello, el investigador selecciona una conducta importante y establece una rutina formal para observarla, clasificarla y registrarla en el lugar designado o, en ocasiones, en el entorno real (Mejía, 2005).

3.6.2. Instrumentos

Córdova (2018), Formas virtuales o físicas utilizadas por el investigador para compilar información que conduzca a evaluar una o más variables» es lo que emplea el investigador. En consecuencia, se emplean las siguientes herramientas:

- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Laboratorio para el análisis

3.7. Materiales y equipos

a) Materiales

- ✓ Cajas de Tecnopor
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Pala
- ✓ Bolsas de Plástico
- ✓ Sacos de cáñamo
- ✓ Lapicero.
- ✓ Plumón indeleble.
- ✓ Guantes de latex.

- ✓ EPP
- ✓ Maceteros
- ✓ Humus
- ✓ Llantén

b) Equipos

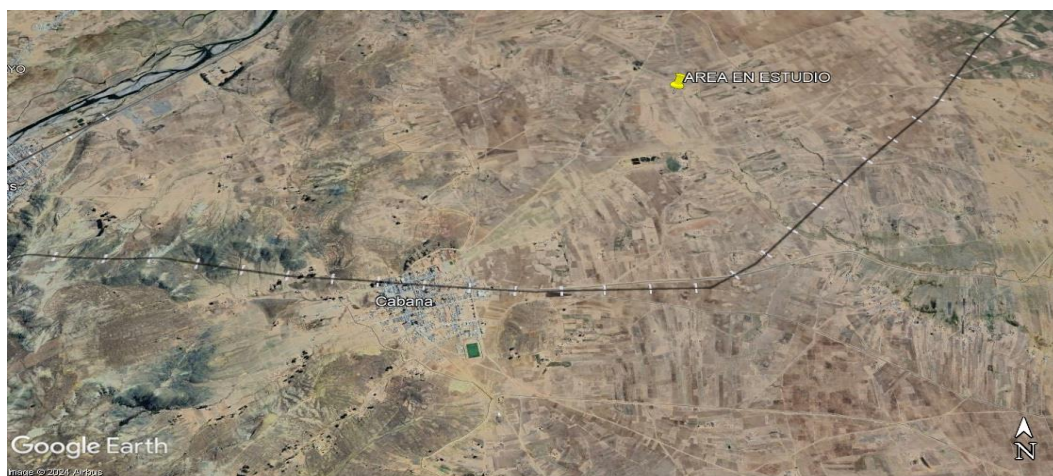
- ✓ Cámara digital
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Laptop (HP Core i7 8th.gen.)
- ✓ Autoclave de esterilización
- ✓ Espectrofotometría de absorción atómica
- ✓ Multiparámetro

3.8. Ubicación de la zona en estudio

La región objeto de estudio se encuentra dentro de la comunidad campesina de Tiracoma, en el distrito de Cabana, provincia de San Román, departamento de Puno. Está ubicada a $15^{\circ}37'57.79''$ de latitud sur y $70^{\circ}18'17.21''$ de longitud oeste, a una altitud de 3885 metros sobre el nivel del mar.

Figura 3

Ubicación del área en estudio



3.9. Procedimiento metodológico

La estrategia y el método para llevar a cabo esta investigación consistieron en recopilar información de revistas, sitios web, tesis, publicaciones, artículos y otras fuentes. Estos materiales se utilizaron como referencias para el trabajo de investigación.

3.9.1. Determinar la concentración de sales presentes en los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024

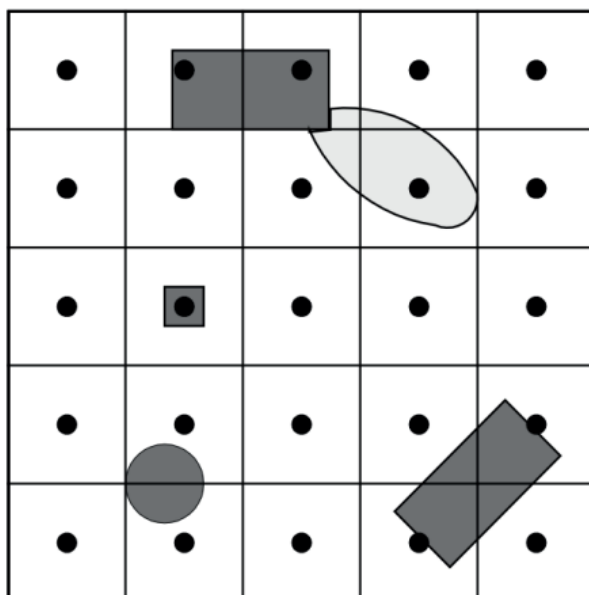
Para el cumplimiento del presente objetivo se siguieron las especificaciones descritas por la “**Guía para muestreo de suelos**” del DS. N° 002-MINAM (2014).

a) Muestreo de suelos

Se realizó el muestreo en 3 zonas específicas de los suelos degradados por salinidad de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana; por ello los sitios fueron escogidos en base a un criterio visual de las zonas con mayor perturbación de las sales; para seguidamente aplicar el muestreo sistemático; el cual consiste en trazar una malla cuadrada en una determinada área y demarcar aquellas áreas estimadas sospechosas de estar contaminadas.

Figura 4

Esquema de distribución sistemática de puntos de muestro utilizando una malla cuadrada



Nota. Obtenido del (DS. N° 002-MINAM, 2014)

Seguidamente para obtener muestras representativas, se realizó la excavación a una profundidad no mayor de 30cm; removiendo primeramente la capa de 5cm de la parte superficial del suelo; para proceder a la extracción de las muestras de suelo; de los diferentes puntos demarcados, mezclándola para cuartear las muestras obtenidas; y repitiendo el proceso hasta que se llegue al contenido de material necesario, que en este caso será de 500 gr, por cada área de muestreo.

Figura 5

Cuarteo de muestras de suelo



Nota. Obtenido del (DS. N° 002-MINAM, 2014)

b) Empaquetado y rotulado de muestras de suelos:

Antes de ser enviada al laboratorio, la muestra que se iba a examinar se sobreembalaba en una caja Tecnopor y se encerraba en una bolsa de polietileno hermética.

En las etiquetas de cada muestra recogida se anotaron los siguientes datos: código de la muestra, fecha, hora de recogida, volumen de la muestra y nombre y firma de la persona que efectuó las observaciones y el muestreo.

c) Análisis de la concentración de sales

Antes de iniciar el procedimiento experimental, se determinó la concentración de salinidad en los suelos de la comunidad para conocer la concentración de estos parámetros en los suelos de la región de investigación.

Tabla 4*Parámetro a analizar del suelo*

Nº	Parámetro a analizar	Unidad
1	Conductividad Eléctrica	ds/m
2	Potencial de Hidrogeno-pH	Und
3	Capacidad de Intercambio Catiónico-CIC (Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻)	Cmol/Kg
4	Porcentaje de Sodio Intercambiable-PSI	%

El análisis de dichos parámetros se realizó en el laboratorio de de

la EPISA-UANCV

**3.9.2. Cuantificar la concentración de sales absorbida por la especie
Llanten fortificado con humus de los suelos degradados por**

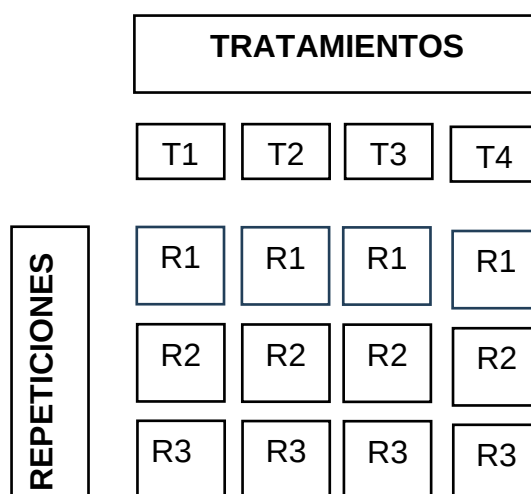
salinización en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024

a) Preparación del sustrato

Para ello se emplearon las consideraciones del descritas por Vizconde (2024), el cual emplea diferentes sustratos (suelo salino, y arena fina) para la mejor remediación de suelos contaminados; así mismo también se tomará presente las recomendaciones de Oha (2023), indicando que el uso de enmiendas orgánicas (humus), brinda mayores remediaciones.

Figura 6

Organigrama de las unidades experimentales



Nota. (T) Tratamiento; (R) Repetición

T1: Suelo salino (67%) + arena (33%)

T2: Suelo salino (67%) + arena (16%) + humus (17%)

T3: Suelo salino (67%) + arena (10%) + humus (23%)

T4: Suelo salino (67%) + arena (5%) + humus (28%)

Los suelos salinos a utilizar fueron mezclados homogéneamente con las proporciones descritas de los diferentes tratamientos (Gutiérrez et al., 2022).

Posteriormente se realizó nuevamente el análisis de la concentración de la salinidad; con la combinación de las diferentes proporciones del sustrato.

b) Recolección de la especie *Llanten*

Para el desarrollo experimental se obtuvieron esquejes de la especie *Llanten* (*Plantago major*); escogiendo las que presentan condiciones óptimas con respecto a sus hojas y raíces.

c) Construcción de las unidades experimentales

Para ello se preparó envases que tengan la funcionalidad de maceteros, para posteriormente disponer el sustrato con las diferentes proporciones establecidas anteriormente; y a la par fueron colocadas las plantas de la especie *Llanten* (*Plantago major*) en cada unidad experimental (macetero).

Se realizó el riego de cada unidad experimental con agua, cada 3 días para garantizar su desarrollo durante todo el ciclo del cultivo de la especie, impidiendo de tal modo el exceso de humedad y el ataque de patógenos que puedan causar algún daño a la especie vegetal en estudio (Flores, 2022).

d) Cuantificación de la cantidad de sales absorbido por la especie *Llanten*

Se realizó el monitoreo de la concentración de sales, posterior a la siembra de la especie, en el sustrato, en la parte radicular (raíz) y la zona

aérea (hojas) de la planta; para ello se siguieron las indicaciones descritas por Oha (2023):

- Tras un periodo de secado a temperatura ambiente, el material extraído (raíces y hojas de la planta) se trituró en partículas finas utilizando un mortero.
- A continuación, el material se tamizó a través de un tamiz de malla de 2 mm para obtener partículas aún más finas de la especie.
- Por último, se utilizó la espectrofotometría de absorción atómica para determinar la concentración de sales en las raíces y las hojas de la planta.

3.9.3. Determinar la eficiencia del Llantén fortificado con humus para la fitorremediación de la salinidad de los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024

Finalmente se determinó la eficiencia del Llantén fortificado con humus para la fitorremediación de la salinidad de los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, empleando la siguiente expresión:

$$\% \text{remocion} = \frac{C_f - C_i}{C_f} * 100$$

Donde:

C_i = Concentración inicial

C_f = Concentración final

3.10. Contrastación de Hipótesis

Con un índice de fiabilidad del 95%, se empleó el método de análisis de la varianza (ANOVA) para la prueba estadística. Del mismo modo, los datos se procesaron mediante un modelo estadístico lineal, como se describe en la siguiente fórmula, utilizando el programa informático IBM SPSS Statistics.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E_{ijk}$$

Para:

$i = 1, 2$. (Tratamientos)

$j = 1, 2, 3, 4, 5$. (Repeticiones)

$k = 1, 2$ (Características)

Dónde:

Y_{ijk} : ¿Alguna observación?

μ : El impacto de la media que se alcanzará para todas las observaciones

α_i : Impacto del i -ésimo nivel del factor A (Características)

β_j : Impacto del factor B (tratamientos) en el j -ésimo nivel $(\alpha\beta)_{ij}$: El efecto de interacción de alfa y beta.

E_{ijk} : Error en la experimentación.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados

4.1.1. *Determinar la concentracion de sales presentes en los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024*

En la tabla 5 se observan las concentraciones de diversos iones en el suelo en tres puntos de muestreo (PM-1, PM-2, PM-3) de la Comunidad Campesina de Tiracoma: en el PM-1, se registran altos niveles de sales solubles, especialmente cloruros (83.31 ppm), sodio (23.41 ppm) y sulfatos (6.48 ppm), en el PM-2, se presentan niveles moderados de sales solubles, con sodio (3.77 ppm) y sulfatos bajos (3.05 ppm), pero con deficiencias de magnesio (1.42 ppm), lo que sugiere una falta de nutrientes esenciales y finalmente, el PM-3 muestra niveles bajos de sales solubles; sin embargo, el magnesio (3.68 ppm) está más alto que en el PM-2, lo que podría ayudar a contrarrestar algunas deficiencias en el suelo. En caso de la salinidad es alta en todos los puntos de muestreo, lo que indica que este suelo está altamente afectado por sales solubles.

Tabla 5

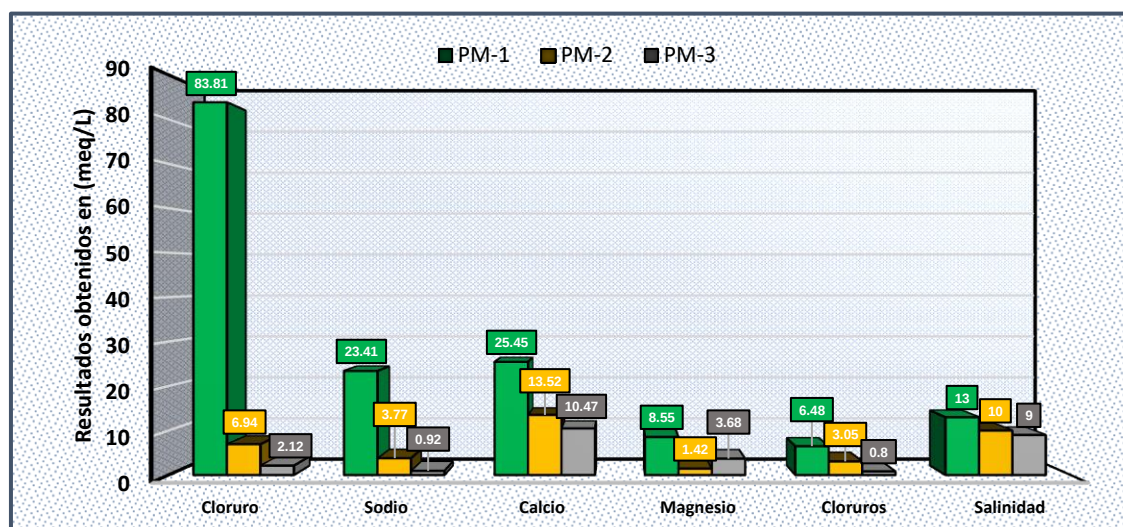
Resultados de salinidad en diferentes puntos de muestreo.

Parámetros	Cl ⁻ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Salinidad (ppm)
PM-1	83.81	23.41	25.45	8.55	6.48	13
PM-2	6.94	3.77	13.52	1.42	3.05	10
PM-3	2.12	0.92	10.47	3.68	0.8	9

Nota. Ca²⁺= Calcio, Mg²⁺= Magnesio, Na⁺= Sodio, Cl⁻= Cloruros, SO₄²⁻= Sulfatos.

Figura 7

Resultados de diversos iones del suelo.



En la tabla 6 se observa la clasificación del tipo de salinidad del suelo en la Comunidad Campesina Tiracoma: el PM-1 se clasifica como suelo salino y sódico debido a la alta concentración de sales solubles (CE = 887 dS/cm) con 548,480 ppm de sales y la elevada presencia de sodio intercambiable (PSI = 15.85%), lo que indica que las sales afectan principalmente a los cultivos; en segundo lugar, el PM-2 se clasifica como suelo salino debido a la alta

concentración de sales (CE = 452 dS/m) con 289,280 ppm de sales y PSI = 13.14% y finalmente, el PM-3 es clasificado como suelo salino, con una cantidad de 233,600 ppm de sales y una baja presencia de sodio intercambiable (PSI = 5.11%), lo que indica que los suelos salinos afectan a los cultivos, pero no a las propiedades del suelo.

Tabla 6

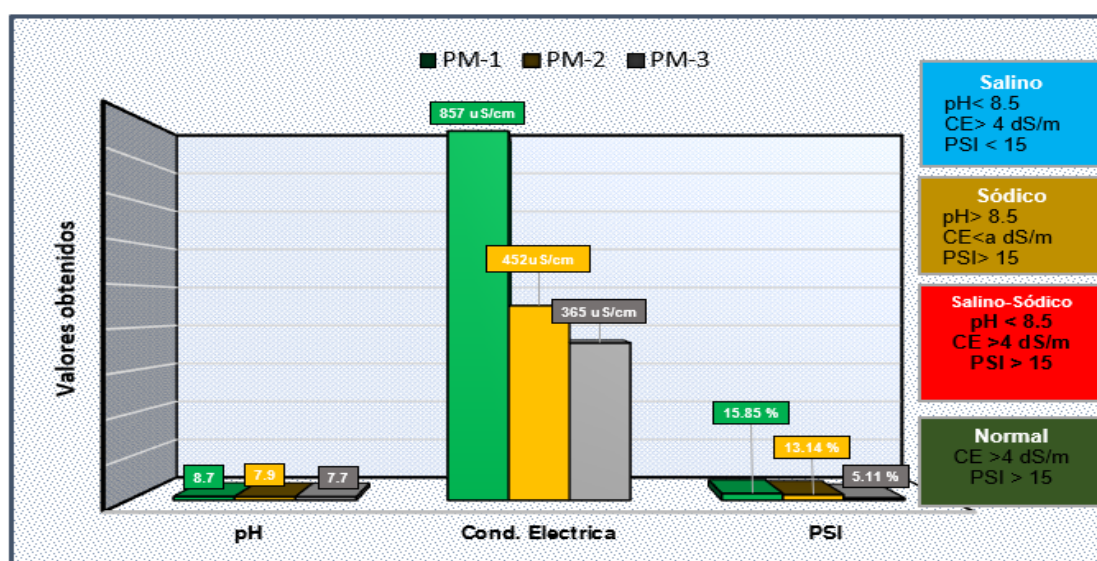
Resultados de la clasificación de suelo según puntos de muestreo.

Parámetros	pH	Cond. dS/m	Cantidad de sal a partir de la CE (ppm)	PSI (%)
PM-1	8.7	857	548480	15.85
PM-2	7.9	452	289280	13.14
PM-3	7.7	365	233600	5.11

Nota. PSI: Porcentaje de sodio intercambiable

Figura 8

Clasificación de suelos salinos, salino – sódico, sódico en los puntos de muestro.



4.1.2. Cuantificar la concentración de sales absorbido por la especie *Llanten* fortificado con humus de los suelos degradados por salinización en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024

a) Tratamiento 1 - raíz

En la tabla 7, se aprecia la adsorción de la salinidad por la raíz de la especie *Llanten* – T1, indicando que presenta un pH de 7.54, una conductividad eléctrica de 1.88dS/m, 51.50ppm de capacidad de intercambio catiónico "CIC", 3.50% de porcentaje de sodio intercambiable, respetivamente.

Tabla 7

Adsorción de la salinidad por la raíz de la especie Llanten – T1

Parámetro	unidad	Repetición			Promedio
		R1	R2	R3	
pH	Valor de pH	7.88	7.41	7.32	7.54
Conductividad eléctrica	dS/m	1.45	1.84	2.36	1.88
Cloruro	ppm	12.6	15.7	18.3	15.53
Sodio	ppm	1.3	1.6	2.5	1.80
Calcio	ppm	6.1	7	8.4	7.17
Magnesio	ppm	9	11.6	14	11.53
Sulfatos	ppm	14.6	15.8	16	15.47
Salinidad	ppm	300.00	300.00	300.00	300.00
CIC	ppm	43.60	51.70	59.20	51.50
PSI	%	2.98	3.09	4.22	3.50

b) Tratamiento 2 - raíz

En la tabla 8, se aprecia la adsorción de la salinidad por la raíz de la especie Llantén – T2, indicando que presenta un pH de 7.54, una conductividad eléctrica de 3.56dS/m, 37.47ppm de capacidad de intercambio catiónico "CIC", 7.21% de porcentaje de sodio intercambiable, respectivamente.

Tabla 8

Adsorción de la salinidad por la raíz de la especie Llantén – T2

Parámetro	unidad	Repetición			Promedio
		R1	R2	R3	
pH	Valor de pH	7.53	7.39	7.70	7.54
Conductividad eléctrica	dS/m	2.86	3.79	4.02	3.56
Cloruro	ppm	6.90	8.20	10.50	8.53
Sodio	ppm	2.40	2.90	2.80	2.70
Calcio	ppm	7.30	6.90	6.50	6.90
Magnesio	ppm	9.90	9.40	8.30	9.20
Sulfatos	ppm	8.50	9.90	12.00	10.13
Salinidad	ppm	100.00	200.00	200.00	166.67
CIC	ppm	35.00	37.30	40.10	37.47
PSI	%	6.86	7.77	6.98	7.21

c) Tratamiento 3 – raíz

La Tabla 9 presenta datos de adsorción para la salinidad en la base de Llantén – T3. En ella se indica un pH de 7,33 y una conductividad eléctrica de 5,14 dS/m. La capacidad de intercambio catiónico fue de 20,33 ppm y el 7,70 % del sodio era intercambiable, según la tabla. Considero que estos valores son importantes para el análisis.

Tabla 9

Adsorción de la salinidad por la raíz de la especie Llantén – T3

Parámetro	unidad	Repetición			Promedio
		R1	R2	R3	
pH	Valor de pH	7.3	7.28	7.40	7.33
Conductividad eléctrica	dS/m	4.85	5.01	5.57	5.14
Cloruro	ppm	1.6	2.3	5.7	3.20
Sodio	ppm	1.5	1.4	1.8	1.57
Calcio	ppm	2.7	3.4	3.8	3.30
Magnesio	ppm	5.3	5.9	8.3	6.50
Sulfatos	ppm	4.6	5.7	7	5.77
Salinidad	ppm	0	100	100	66.67
CIC	ppm	15.70	18.70	26.60	20.33
PSI	%	9.55	7.49	6.77	7.70

d) Tratamiento 4 - raíz

La tabla 10 muestra la cantidad de salinidad adsorbida por las raíces de Llantén – T4, con un pH de 7,13, una conductividad eléctrica de 8,58 dS/m y una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 13,66 ppm. El sodio intercambiable se sitúa en el 11,22 % para cada valor registrado.

Tabla 10

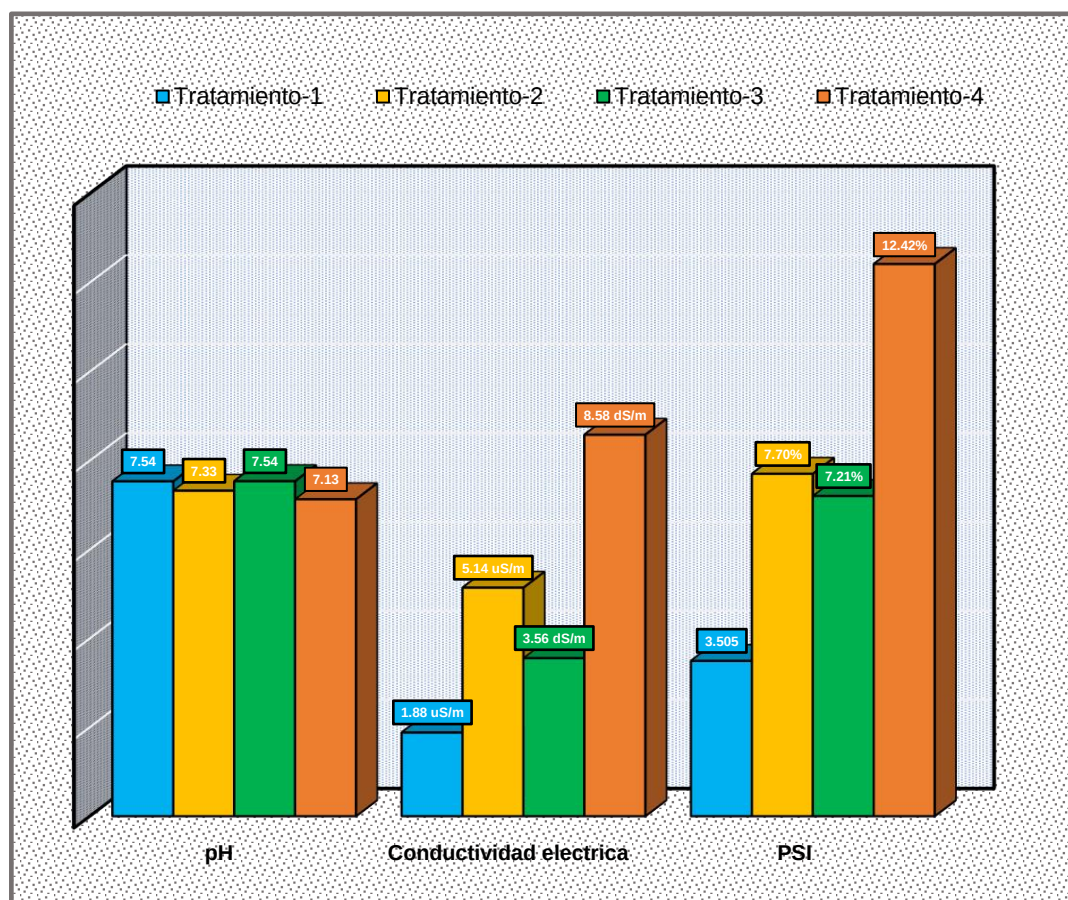
Adsorción de la salinidad por la raíz de la especie Llantén – T4

Parámetro	unidad	Repetición			Promedio
		R1	R2	R3	
pH	Valor de pH	7.04	7.15	7.21	7.13
Conductividad eléctrica	dS/m	7.36	8.82	9.57	8.58
Cloruro	ppm	0.30	0.38	1.20	0.63
Sodio	ppm	1.90	1.00	1.70	1.53
Calcio	ppm	1.4	1.8	2.2	1.80
Magnesio	ppm	6.7	6.2	8.5	7.13
Sulfatos	ppm	1.5	2.5	3.7	2.57
Salinidad	ppm	0	0	0	0.00
CIC	ppm	11.80	11.88	17.30	13.66
PSI	%	16.10	8.42	9.83	11.22

De acuerdo con los resultados en la figura 9, que en el T-1 presenta una CE de 1.88 dS/cm y una presencia de sodio intercambiable con un PSI de 3.50%, lo que resulta en una menor adsorción de sales en las raíces; por otro lado, el T-2 muestra una moderada acumulación de sales en las raíces, con una CE de 5.14 dS/cm y un PSI de 7.70%; por otro lado, el tratamiento T-3 presenta una CE de 3.56 dS/cm y bajos niveles de sodio intercambiable con un PSI de 7.21%, mientras que el T-4, con una CE de 8.58 dS/cm y niveles elevados de PSI (12.42%), muestra una mayor adsorción de sales en las raíces, lo que indica una mayor acumulación en condiciones de alta salinidad.

Figura 9

Contenido de sal en las raíces de la especie llantén.



b) Tratamiento 1 – hojas

La tabla 11 describe la absorción de salinidad por las hojas de la especie Llantén – T1, con un pH de 7,47. La conductividad eléctrica es de 0,75 dS/m. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de 53,17 ppm y el sodio intercambiable representa aproximadamente el 6,52 %.

Tabla 11

Adsorción de la salinidad por las hojas de la especie Llantén – T1

Parámetro	unidad	Repetición			Promedio
		R1	R2	R3	
pH	Valor de pH	7.96	7.25	7.21	7.47
Conductividad eléctrica	dS/m	0.796	0.725	0.721	0.75
Cloruro	ppm	12.6	15.7	18.3	15.53
Sodio	ppm	3.3	3.6	3.5	3.47
Calcio	ppm	6.1	7	8.4	7.17
Magnesio	ppm	9	11.6	14	11.53
Sulfatos	ppm	14.6	15.8	16	15.47
Salinidad	ppm	300.00	300.00	300.00	300.00
CIC	ppm	45.60	53.70	60.20	53.17
PSI	%	7.24	6.70	5.81	6.52

d) Tratamiento 2 – hojas

En la tabla 12, se aprecia la adsorción de la salinidad por las hojas de la especie Llantén – T2, indicando que presenta un pH de 6.87, una conductividad eléctrica de 0.69dS/m, 33.37ppm de capacidad de intercambio catiónico “CIC”, 6.79% de porcentaje de sodio intercambiable, respetivamente.

Tabla 12

Adsorción de la salinidad por las hojas de la especie Llantén – T2

Parámetro	unidad	Repetición			Promedio
		R1	R2	R3	
pH	Valor de pH	6.53	6.39	7.70	6.87
Conductividad eléctrica	dS/m	0.65	0.64	0.77	0.69
Cloruro	ppm	6.90	8.20	10.50	8.53
Sodio	ppm	2.40	2.00	2.40	2.27
Calcio	ppm	4.30	4.90	5.50	4.90
Magnesio	ppm	6.90	7.40	8.30	7.53
Sulfatos	ppm	8.50	9.90	12.00	10.13
Salinidad	ppm	100.00	200.00	200.00	166.67
CIC	ppm	29.00	32.40	38.70	33.37
PSI	%	8.28	6.17	6.20	6.79

e) Tratamiento 3 - hojas

En la tabla 13, se aprecia la adsorción de la salinidad por las hojas de la especie Llantén – T3, indicando que presenta un pH de 6.46, una conductividad eléctrica de 0.65dS/m, 20.67ppm de capacidad de intercambio catiónico “CIC”, 12.42% de porcentaje de sodio intercambiable, respetivamente.

Tabla 13

Adsorción de la salinidad por las hojas de la especie Llantén – T3

Parámetro	unidad	Repetición			Promedio
		R1	R2	R3	
pH	Valor de pH	6.20	6.69	6.50	6.46
Conductividad eléctrica	dS/m	0.62	0.669	0.65	0.65
Cloruro	ppm	1.60	2.30	5.70	3.20
Sodio	ppm	2.50	2.40	2.80	2.57
Calcio	ppm	2.70	3.40	3.80	3.30
Magnesio	ppm	5.30	5.90	6.30	5.83
Sulfatos	ppm	4.60	5.70	7.00	5.77
Salinidad	ppm	0.00	100.00	100.00	66.67
CIC	ppm	16.70	19.70	25.60	20.67
PSI	%	14.97	12.18	10.94	12.42

e) Tratamiento 4 - hojas

En la tabla 14, se aprecia la adsorción de la salinidad por las hojas de la especie Llantén – T4, indicando que presenta un pH de 6.34, una conductividad eléctrica de 0.63dS/m, 34.74 ppm de capacidad de intercambio catiónico "CIC", 13.05% de porcentaje de sodio intercambiable, respectivamente.

Tabla 14

Adsorción de la salinidad por las hojas de la especie Llantén – T4

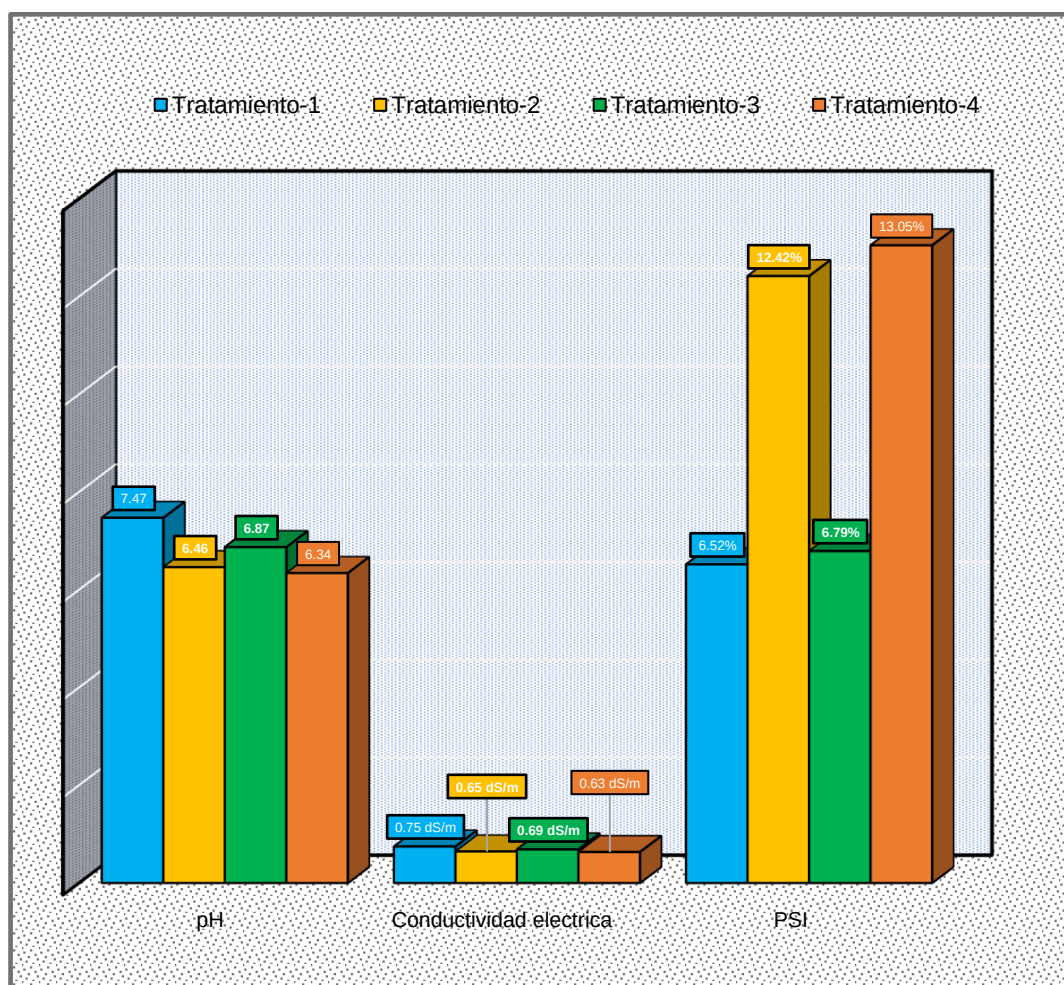
Parámetro	unidad	Repetición			Promedio
		R1	R2	R3	
pH	Valor de pH	6.08	6.42	6.53	6.34
Conductividad eléctrica	dS/m	0.608	0.642	0.653	0.63
Cloruro	ppm	0.30	0.38	1.20	0.63
Sodio	ppm	4.90	4.00	4.70	4.53
Calcio	ppm	1.40	1.80	2.20	1.80
Magnesio	ppm	2.70	3.20	4.50	3.47
Sulfatos	ppm	23.00	24.53	25.41	24.31
Salinidad	ppm	0.00	0.00	0.00	0.00
CIC	ppm	32.30	33.91	38.01	34.74
PSI	%	15.17	11.80	12.37	13.05

De acuerdo con los resultados en la figura 10, que en el T-1 presenta una CE de 0.75 dS/cm y una presencia de sodio intercambiable con un PSI de 6.52%, lo que resulta en una menor adsorción de sales en las hojas; por otro lado, el T-2 muestra una alta acumulación de sales en las hojas, con una CE de 0.65 dS/cm y un PSI de 12.42%; por otro lado, el tratamiento T-3 presenta una CE de 0.69 dS/cm y bajos niveles de sodio intercambiable con un PSI de 6.79%, mientras que el T-4 tiene el mayor valor de PSI de 13.05%,

lo que sugiere una mayor acumulación de sodio intercambiable en las hojas, lo que indica una mayor acumulación en condiciones de alta salinidad.

Figura 10

Contenido de sal en las hojas de la especie llantén.



4.1.3. Determinar la eficiencia del Llantén fortificado con humus para la fitorremediación de la salinidad de los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024

a) Tratamiento 1

En la tabla 15, se aprecia la eficiencia de fitorremediación del Llantén fortificado con humus – T1, indicando que el pH presenta una eficiencia de fitorremediación de 2.79%, mientras que la conductividad eléctrica presenta 92.51% y el PSI presenta una eficiencia de 81.59% respectivamente.

Tabla 15

Eficiencia de fitorremediación del Llantén fortificado con humus – T1

Parámetros	Unidad	Concentración inicial	Concentración final	Eficiencia %
pH	Valor de pH	8.24	8.01	2.79
Conductividad eléctrica	dS/m	558	41.80	92.51
PSI	%	11.37	2.09	81.59

a) Tratamiento 2

En la tabla 16, se aprecia la eficiencia de fitorremediación del Llantén fortificado con humus – T2, indicando que el pH presenta una eficiencia de fitorremediación de 9.63%, mientras que la conductividad eléctrica presenta 95.75% y el PSI presenta una eficiencia de 83.86% respectivamente.

Tabla 16*Eficiencia de fitorremediación del Llantén fortificado con humus – T2*

Parámetros	Unidad	Concentración inicial	Concentración final	Eficiencia
				%
pH	Valor de pH	8.24	7.45	9.63
Conductividad eléctrica	dS/m	558	23.73	95.75
PSI	%	11.37	1.83	83.86

a) Tratamiento 3

En la tabla 17, se aprecia la eficiencia de fitorremediación del Llantén fortificado con humus – T3, indicando que el pH presenta una eficiencia de fitorremediación de 23.06%, mientras que la conductividad eléctrica presenta 98.65% y el PSI presenta una eficiencia de 84.51% respectivamente.

Tabla 17*Eficiencia de fitorremediación del Llantén fortificado con humus – T3*

Parámetros	Unidad	Concentración inicial	Concentración final	Eficiencia
				%
pH	Valor de pH	8.24	6.34	23.06
Conductividad eléctrica	dS/m	558	7.51	98.65
PSI	%	11.37	1.76	84.51

a) Tratamiento 4

En la tabla 18, se aprecia la eficiencia de fitorremediación del Llantén fortificado con humus – T4, indicando que el pH presenta una eficiencia de fitorremediación de 24.47%, mientras que la conductividad eléctrica

presenta 99.10% y el PSI presenta una eficiencia de 86.99% respectivamente.

Tabla 18

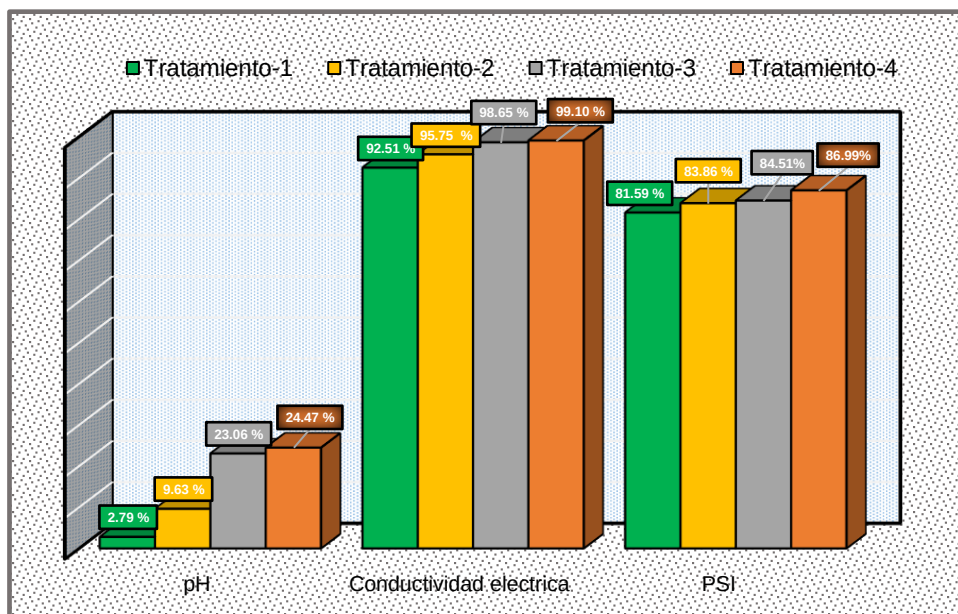
Eficiencia de fitorremediación del Llantén fortificado con humus – T4

Parámetros	Unidad	Concentración inicial	Concentración final	Eficiencia %
pH	Valor de pH	8.24	6.22	24.47
Conductividad eléctrica	dS/m	558	5.04	99.10
PSI	%	11.37	1.48	86.99

De acuerdo con la figura 10, se observan que el pH muestra un aumento progresivo, alcanzando un 24.47% en el tratamiento 4, lo que indica que el llantén reduce la alcalinidad del suelo, modificando las condiciones de salinidad hacia un pH más cercano a la neutralidad, en cuanto a la conductividad eléctrica, se observa un buen indicador en la remoción de las concentraciones de sal en el suelo, siendo el valor de mayor eficiencia de remoción el del tratamiento 4, con un 99.10%; finalmente, el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) muestra un remoción progresiva, pasando del 81.59% al 86.99%, resultando en una mayor eficiencia en el tratamiento 4. El tratamiento 4 logra una fitorremediación exitosa de la salinidad en los suelos de la comunidad de Tiracoma, distrito de Cabana, utilizando la especie llantén.

Figura 11

Porcentaje de fitorremediación de la salinidad por la especie llantén.



4.2. Prueba estadística

- Nivel de confianza al 95%
- Error 5%
- Análisis estadístico: Análisis de la Variancia (ANOVA).

a) pH en la especie Llantén

En la tabla 19, se aprecia el análisis de varianza (ANVA) para el pH empleando la especie Llantén, indicando que para efectos de los tratamientos es altamente significativo ($p\text{-valor} < 0.05$), confirmando que el pH en cada tratamiento varía considerablemente; con un coeficiente de variación de 6.30%, lo que indica que el trabajo de investigación fue adecuadamente conducido.

Tabla 19

Análisis de varianza para el pH empleando la especie Llantén

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.34	3	0.11	3.61	0.0051
Error	0.25	8	0.03		
Total	0.59	11			
C.V. = 6.30					

En la tabla 20, se aprecia la prueba de Tukey para el pH en la especie Llantén, los resultados muestran que presenta una reducción del 2.79% de pH para el T1, mientras que para el T2, presentan 9.63% de reducción, y para el T3 y T4 estadísticamente es similar con 23.06%, 24.47% de reducción, siendo el mas efectivo el tratamiento 4.

Tabla 20

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el pH empleando la especie Llantén.

Tratamiento	Media	Nº de repeticiones	SIG. ≤ 0.05
T1	2.79	3	a
T2	9.63	3	b
T3	23.06	3	c
T4	24.47	3	c

b) Conductividad eléctrica en la especie Llantén

En la tabla 21, se aprecia el análisis de varianza (ANVA) para la conductividad eléctrica empleando la especie Llantén, indicando que para efectos de los tratamientos es altamente significativo ($p\text{-valor} < 0.05$), confirmando que la conductividad eléctrica en cada tratamiento varía considerablemente; con un coeficiente de variación de 14.73%, lo que indica que el trabajo de investigación fue adecuadamente conducido.

Tabla 21*Análisis de varianza para el PSI empleando la especie Llantén*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	73.45	3	24.48	49.17	<0.0001
Error	3.98	8	0.50		
Total	77.44	11			
C.V. = 14.73%					

En la tabla 22, se aprecia la prueba de Tukey para la conductividad eléctrica en la especie Llantén, los resultados muestran que presenta una reducción del 92.51% de conductividad eléctrica para el T1, mientras que para el T2, presentan 95.75% de conductividad eléctrica, y para el T3 y T4 presentan una data estadísticamente similar con 98.65%, 99.10% de reducción, siendo el más efectivo el tratamiento 4.

Tabla 22*Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la conductividad eléctrica empleando la especie Llantén.*

Tratamiento	Media	N° de repeticiones	SIG. ≤ 0.05
T1	92.51	3	a
T2	95.75	3	b
T3	98.65	3	c
T4	99.10	3	c

a) Conductividad eléctrica en la especie Llantén

En la tabla 21, se aprecia el análisis de varianza (ANVA) para el PSI empleando la especie Llantén, indicando que para efectos de los tratamientos es altamente significativo ($p\text{-valor} < 0.05$), confirmando que el PSI en cada tratamiento varía considerablemente; con un coeficiente de

variación de 29.43%, lo que indica que el trabajo de investigación fue adecuadamente conducido.

Tabla 23

Análisis de varianza para el PSI empleando la especie Llantén

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	97.34	3	32.45	6.65	0.0145
Error	39.02	8	4.88		
Total	136.36	11			
C.V. = 29.43%					

En la tabla 24, se aprecia la prueba de Tukey para el PSI en la especie Llantén, los resultados muestran que presenta una reducción del 81.59% de PSI para el T1, siendo este el valor mas bajo, no obstante, el T4, presento una reducción del 86.99% siendo el dato estadísticamente superior a los demás tratamientos.

Tabla 24

Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el PSI empleando la especie Llantén.

Tratamiento	Media	Nº de repeticiones	SIG. ≤ 0.05
T1	81.59	3	a
T2	83.86	3	b
T3	84.51	3	b
T4	86.99	3	c

En resumen, con respecto a la contrastación de la hipótesis el Tratamiento 4 con suelo salino (67%) + arena (5%) – humus (28%); presento mejores resultados en cuando a la reducción de la salinidad (pH, conductividad eléctrica Y PSI).

4.3. Discusión

Estos resultados son comparables a los de Romero & Loayza (2023), quienes emplearon microorganismos y materia vegetal de banano para restaurar suelos salinos. Esto sugiere que los resultados de los tratamientos utilizando microorganismos y material vegetal difieren significativamente de los del grupo control. Esto implica que la implementación de estas técnicas logra ser una táctica útil para restaurar suelos salinizados y favorecer el desarrollo robusto de las plantas de platano; además con respecto a Lastiri (2019), Obtuvo resultados similares cuando empleó especies de *H. vulgare*, *L. perenne* y *V. sativa* para fitorremediar suelos salinos. Descubrió que, durante la fase de imbibición, las distintas especies respondían de forma diferente al estrés salino, principalmente a 200 y 400 mM, lo que se traduciría en una fuerte minimización de los valores de absorción con respecto a sus propios testigos, que luego se reflejaba en su capacidad germinativa. Además, se demostró que las especies podían soportar el estrés salino. Según los resultados de la segunda etapa, *V. sativa* presenta un potencial de extracción óptima en los tratamientos a 7,12 y 10,8 dS m⁻¹, con valores de 36,4 y 40,5 kg por hectárea, y una capacidad de fitodesalinización óptima a niveles salinos moderados y fuertes.

Así mismo con respecto a Davila & Flores (2023), también presenta rasgos similares, en el que el rábano (*Raphanus sativus* L.) demostró que la dosis media no eliminó la salinidad, mientras que la dosis media produjo frutos de 10 gramos; sin embargo, los mejores frutos, de 30 gramos, se obtuvieron con la dosis alta. Se determinó que seis kilogramos de vermicompost reducían parámetros como el pH y la conductividad eléctrica, al tiempo que aumentaban

la CPC, la materia orgánica y la porosidad, todo lo cual hacía que el suelo fuera fértil, como confirmó la siembra y cosecha de rábano (*Raphanus sativus* L.).

Aimituma et al. (2023), biorremedio los suelos salinos utilizando enmiendas orgánicas (estiércol de vaca y de cobaya) demostró una disminución mínima del pH de 8,06 a 7,1, una disminución de la CE (Conductividad Eléctrica) de hasta 1,3 mmhos/cm, un porcentaje de PSI del 7% y un aumento de los macronutrientes. En este sentido, el suelo salino se benefició de la aplicación de enmiendas orgánicas como estiércol de vaca y de cobaya, que mejoraron las propiedades químicas y físicas del suelo y tuvieron un impacto de biorrem

Asi mismo Galecio & Tarazona (2022), demostró que la salinidad del suelo se redujo de 5,57 a 1,05 mS/cm mediante *Sesuvium portulacastrum*. *Aptenia cordifolia* redujo la salinidad de 5,50 a 3,5 mS/cm. Por último, se determina que ambas plantas pueden utilizarse en diversos lugares y son formas eficaces de reducir las sales en suelos demasiado salinizados.

Tambien et al., (2019), descubrió que la parte aérea de la halófito tenía el mayor contenido de Na^+ tanto en el tratamiento (0,00814 mg/l) como en el control (0,00346 mg/l). Cuando se examinaron los parámetros fisicoquímicos en el suelo, incluyendo pH, humedad, potencial redox, sodio, CIC, PSI, E.C. y M.O., los resultados indicaron un mayor porcentaje de eliminación de Na^+ en el C0 del 95%. A lo largo de las concentraciones y la duración, el pH mostró una disminución en un rango de 6,65 a 6,95 después del tratamiento con respecto al grupo de control (6,9 a 8,25). El C0 mostró el mayor aumento del M.O., con un 0,079%. Se ha determinado que el potencial fitorremediadora de *Atriplex hortensis* se manifiesta más en su zona aérea que en su raíz.



Vargas & Viera (2019), descubrió que el tratamiento 9 era el que mejor recuperaba los suelos salinos, reduciendo las sales a 2.881 dS/m. Se comprobó que el uso de bacterias halófilas y vermicompost proporcionaba una tasa de desalinización del 87,95%, optimizando la calidad del suelo para las próximas operaciones agrícolas.

Y finalmente con respecto a Lope (2021), descubrió que el método hidrotécnico produjo la mayor eficiencia de recuperación de la salinidad del suelo. El CEext de los suelos Tiquillaca (14,38 mmhos/cm) y Juli (13,40 mmhos/cm) disminuyó significativamente a rangos de 2 a 3 mmhos/cm con eficacias de -10,10 y -10,26 mmhos/cm. La mayor eficacia de reducción de sodicidad se alcanzó con 60 toneladas de yeso agrícola por hectárea; en el suelo Tiquillaca, el PSI de 79.04% disminuyó a 27.24% con eficiencias de -28.94 y -51.79%, mientras que en el suelo Juli, el PSI de 45.58% disminuyó a 16.63%. b) Las altas temperaturas (35.10°C) tuvieron un impacto en la producción de granos de quinua, pero tampoco el CEext del suelo de 2 a 3 mmhos/cm o el PSI >15%. c) La mejor asociación B/C en la recuperación de los suelos se logró alcanzó con yeso agrícola.



CONCLUSIONES

PRIMERA: Se concluye que la aplicación de llantén fortificado con humus ha demostrado un 86.99% de fitorremediación de suelos degradados por salinidad en la comunidad de Tiracoma, en el distrito de Cabana, mejorando tanto la conductividad eléctrica (CE) como el índice de sodio intercambiable (PSI); esto sugiere una notable capacidad de absorción de sales y una disminución de la toxicidad salina en el suelo.

SEGUNDA: En relación con el objetivo 1, se concluye que los suelos de la Comunidad Campesina de Tiracoma, en el distrito de Cabana, se clasifican de la siguiente manera: el PM-1, con una conductividad eléctrica de 857 dS/m y 548,480 ppm de sales, es un suelo salino-sódico; el PM-2, con una CE de 452 dS/m y 289,280 ppm de sales, es un suelo salino; y el PM-3, con una CE de 365 dS/m y 233,600 ppm de sales, sigue siendo salino.

TERCERA: En relación con el objetivo 2, , especialmente en los tratamientos T-4, con una CE de 8.58 dS/m en las raíces y de 0.63 dS/m en las hojas, y con los PSI más altos, de 12.42% y 13.05%, respectivamente; esto indica una mayor adsorción de sales en condiciones de alta salinidad.

CUARTA: En relación con el objetivo 3, se concluye que el tratamiento T-4 presenta la mayor eficiencia en la fitorremediación de la salinidad de los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma, en el distrito de Cabana.

RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Debido a su gran capacidad de fitorremediación de suelos salinos, se aconseja un periodo de investigación más largo -al menos tres meses- para visualizar la degradación potencial de la biomasa y el punto máaximo de absorción de la especie Llantén.
- SEGUNDA:** Se recomienda utilizar plantas que todavía estén creciendo, ya que podrán absorber mejor las sales después de haber sido plantadas.
- TERCERA:** Para agilizar el procedimiento analítico, se aconseja homogeneizar las muestras de suelo.
- CUARTA:** Se aconseja que los futuros investigadores traten los suelos salinos con grandes concentraciones de humus de lombriz y cultiven un cultivo con una fase vegetativa prolongada para proporcionar un entorno adecuado para el experimento.



BIBLIOGRAFIA

- Aimituma, K., Llanqui, S., & Fernández, H. (2023). Biorremediación de suelos salinos con enmiendas orgánicas de estiércol de cuy y vacuno, Cusco-Perú. *Rev. Amaz. Cienc. Ambient. Ecol.*, 2, 1 - 17.
- Amini, S., Ghadiri, H., Chen, C., & Marschner, P. (2015). Salt-affected soils, reclamation, carbon dynamics, and biochar. *Journal of Soils and Sediments*, 939-953.
- Bonilla, S. (2018). Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación. Quito: Universidad Politecnica Salesiana.
- Casas, N., & Galvan, A. (2019). Eficiencia de las enmiendas orgánicas en la recuperación de suelos salinos en el distrito de San Vicente De Cañete – Lima. Lima: Universidad Peruana Unión.
- Cervantes, M. (2020). Eficacia de la fitorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando *Phragmites Australis* y enmienda en los pasivos ambientales de Paredones- Cajamarca. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Córdova Baldeón, I. (2018). "Instrumentos de investigación". Lima: San Marcos de Aníbal Jesús Paredes Galván.
- Davila, L., & Flores, L. (2023). Evaluación del comportamiento del vermicompost en un suelo salino cultivando el rabanito (*Raphanus sativus* L.). Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo.



- Domínguez, E. (2024). Evaluación de la tolerancia a la salinidad de Limonium irtaense en apoyo a los programas de conservación de esta especie amenazada. Valencia: Universida Politecnica de Valencia.
- DS. N° 002-MINAM. (2014). Guia para muestreo de suelos. Lima: Ministerio del Ambiente. Obtenido de https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf
- FAO. (2016). Estado mundial del recurso suelo. Roma: Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura.
- Flores, S. (2022). Evaluación de la fitoextracción de metales pesados a través del Dactylis glomerata y Trifolium pratense de suelos aledaños al pasivo ambiental minero Santo Toribio, Independencia - Ancash. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Fustamante, N., & Galvan, A. (2019). Eficiencia de las enmiendas orgánicas en la recuperación de suelos salinos en el distrito de San Vicente De Cañete – Lima. Lima: Universidad Peruana Unión.
- Galecio, J., & Tarazona, R. (2022). Reducción de la salinidad en suelos agrícolas utilizando Sesuvium portulacastrum y Aptenia cordifolia, Chancay – 2022. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Gutiérrez, A., Quispe, G., Betancur, H., & Huanca, R. (2022). Remoción de plomo en suelos contaminados con relaves mineros a través del vermicompostaje. Revista de investigaciones agropecuarias, 1 - 10.
- Hernandez, R., & Fernandez, C. (2018). Metodologia de la Investigacion. Mexico: McGrawHill Education.



- Hernandez, R., & Fernandez, C. (2018). Metodología de la Investigación. Mexico: McGrawHill Education.
- Hurtado, D. (2019). Eficiencia de biorrecuperación mediante enmienda orgánica incorporada en el suelo salino de la ladera del Establo "Agropecuaria Villa Asís S.R.L" comunidad autogestionaria Huaycán – Ate Vitarte. Lima: Universidad Peruana Unión.
- Lastiri, M. (2019). Evaluación y selección de una planta forrajera con potencial para fitorremediar suelos salinos. Jiquilpan de Juárez: Instituto politécnico nacional.
- Lope, G. (2021). Rehabilitación de suelos salinos - sódicos con enmiendas orgánica, inorgánica y práctica hidrotécnica para el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en invernadero. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Mejía, F., Sandoval, G., & Lucar, J. (2024). Incremento de la prolina por la aplicación del bioestimulante CBX-103 mejora el crecimiento de *Arabidopsis thaliana* Col 0 bajo condiciones de estrés salino. *Agroindustrial Science*, 1 - 10.
- Mendoza, M. (2020). Capacidad fitorremediadora de la "alfalfa" *Medicago sativa* L. en suelos contaminados con plomo evaluada en dos etapas de crecimiento, Végueta, Huaura. Huaura: Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- MINAGRI. (2016). Programa presupuestal multisectorial 0089: "Reducción de la degradación de los suelos agrarios. Lima: Ministerio de agricultura y riego.



- Montes, J. (2019). Evaluación de la capacidad fitoextractora en *Medicago Sativa* L. para disminuir la concentración de plomo en suelos contaminados con relaves mineros ubicados en el distrito de Coayllo, Cañete - Lima, Perú. Villa El Salvador: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.
- Oha, R. (2023). Remoción del plomo en suelos aledaños al área degradada por residuos sólidos de Cancharani, mediante *Stipa ichu*, Puno-2022. 2023: Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez.
- Paico, A., & Surco, K. (2019). Fitorremediación con cultivos de *Armuelle (Atriplex Hortensis)* asistido con enmiendas orgánicas para la recuperación de suelo salino. Lima: Universidad César Vallejo.
- Paico, A., & Surco, K. (2019). Fitorremediación con cultivos de *Armuelle (Atriplex Hortensis)* asistido con enmiendas orgánicas para la recuperación de suelo salino, Cañete, 2019. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Pastor, J. (2016). Efecto del uso del vermicompost para la biorremediación de suelos salino-sódicos del estado Falcón. Barquisimeto: Universidad Yacambú.
- Pinchao, J. (2013). Estimacion del pontencial productivo del suelo (PPS)en cultivo de Maiz afectado por salinidad. ILAMA, 1-115.
- Quispe, A. (2020). Fitorremediación con *Ricinus Communis* para el tratamiento de suelos contaminados con plomo en la ciudad de Cerro de Pasco. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.



- Ramirez, P. (2016). Condiciones de salinidad y recuperación de los suelos de la cancha pública de Golf - San Bartolo- Lima. Lima: acultad de Ingeniería Agrícola- Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Rodriguez, M. (2023). Efecto de la Aplicación de Ácido Salicílico Inmovilizado en una Matriz de Alginato Calcio sobre Plántulas de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Saltillo: Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro.
- Romero, A., & Loayza, M. (2023). Efectos del Uso de *Trichoderma* Spp. en Suelo Arcilloso Salino y Plantas de Banano Etapa Vegetativa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 1 - 22.
- Simanca, R. (2017). Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y azufre elemental sobre propiedades químicas, físicas y biológicas de un suelo sodico Typic haplustepts con cultivo de Maiz (*Zea mayz*) en el Copey-Cesar. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Suaña, H., & Nina, A. (2019). Recuperación de suelos degradados por salinización con lavado y uso de enmiendas orgánicas (estiércol de vacuno y cuy) en el Centro Poblado de Balsapata, distrito de Orurillo de la Provincia de Melgar del Departamento de Puno. Juliaca: Universidad Peruana Union.
- Vargas, K., & Viera, A. (2019). Recuperación de suelos salinos mediante el vermicompost y las bacterias halófilas, en el distrito de San Bartolo. Lima: Universidad César Vallejo.



- Vasquez, J. (2018). Recuperación de suelos degradados por el manejo de *gypsophila paniculata* bajo condiciones de la molina. Universidad Nacional Agraria La Molina, 1-225.
- Vizconde, J. (2024). Eficiencia de la fitorremediación con *Dactylis glomerata* y *Pennisetum clandestinum* del relave de la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas – Huaraz. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Yang, Z., Stoven, K., Haneklaus, S., Singh, B., & Schnug, E. (2020). Elemental sulfur oxidation by *thiobacillus* spp. and aerobic heterotrophic sulfur-oxidizing bacteria. *Pedosphere*, 71-79.



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de consistencia

<u>PROBLEMA</u>	<u>OBJETIVO</u>	<u>HIPÓTESIS</u>	<u>VARIABLES</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>	<u>UND</u>	<u>METODOLOGIA</u>
<u>General</u>	<u>General</u>	<u>Hipótesis alterna</u>	<u>Independiente</u>		0	%	
¿Es posible fitorremediar los suelos degradados por salinidad aplicando Llantén fortificado con humus en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana 2024?	Determinar el porcentaje de fitorremediación de suelos degradados por salinidad aplicando Llantén fortificado con humus en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana 2024	La fitorremediación de suelos degradados por salinidad es posible aplicando Llantén fortificado con humus en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana 2024	Llantén fortificado con humus	Dosis de humus	17	%	<u>Diseño de investigación</u>
					23	%	
					28	%	
				Sales absorbidas	En la parte aérea (hojas)	---	No experimental
					En la parte radicular (raíz)	---	<u>Tipo de investigación</u>
							Aplicativo
<u>Específicas</u>	<u>Específicas</u>	<u>Hipótesis nula</u>	<u>Dependiente</u>		pH	Und	
¿Cuánto es el contenido de sales presentes en los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024?	Determinar el contenido de sales presentes en los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024	La fitorremediación de suelos degradados por salinidad no es posible aplicando Llantén fortificado con humus en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana 2024	Fitorremediación de suelos degradado	Sales	(Na+)	Cmol /Kg	<u>Nivel de investigación</u>
					(Ca2+)	Cmol /Kg	
					(Mg2+)	Cmol /Kg	
					(SO42-)	Cmol /Kg	Explicativo
¿Cuánto es cantidad de sales absorbido por la especie Llantén fortificado con humus de los suelos degradados por salinización en la comunidad campesina	Cuantificar la cantidad de sales absorbido por la especie Llantén fortificado con humus de los suelos degradados por salinización en la comunidad campesina				(Cl-)	Cmol /Kg	
					PSI	%	
					CE	ds/m	



degradados por salinización en la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024?	de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024	s por salinidad	(Na+)	%
			(Ca2+)	%
	Determinar la eficiencia del Llantén fortificado con humus para la fitorremediación de la salinidad de los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024	Porcentaje de fitorremediación	(Mg2+)	%
¿Cuándo es la eficiencia del Llantén fortificado con humus para la fitorremediación de la salinidad de los suelos de la comunidad campesina de Tiracoma del distrito de Cabana, 2024?			(SO42-)	%
			(Cl-)	%
			PSI	%
			CE	%

Anexo 2. Certificado de análisis de salinidad



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - SUELOS**INFORME N° LCA019 - 2024****I. DATOS DEL SERVICIO**

- 1.1. Solicitante : Karen Yaneth Ruelas Palomino
1.2. Proyecto : FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR
SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE
TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Suelos
2.2. Numero de muestras : 12
2.3. Muestreado por : Karen Yaneth Ruelas Palomino
2.4. Fecha de ensayo : 18/11/2024
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : San Román
2.7. Distrito : Cabana
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
T1 – 1	E: 359639.04 N: 8266306.56	15/11/2024	8:00
T1 – 2	E: 359656.23 N: 8266296.05	15/11/2024	8:00
T1 – 3	E: 363035.55 N: 8276013.95	15/11/2024	8:09
T2 – 1	E: 359708.64 N: 8266270.9	15/11/2024	8:15
T2 – 2	E: 359711.79 N: 8266249.51	15/11/2024	8:26
T2 – 3	E: 359682.51 N: 8266161.36	15/11/2024	8:36
T3 – 1	E: 359676.9 N: 8266129.63	15/11/2024	8:45
T3 – 2	E: 359639.02 N: 8266137.29	15/11/2024	8:55
T3 – 3	E: 359630.96 N: 8266195.35	15/11/2024	9:10
T4 – 2	E: 359634.37 N: 8266283.83	15/11/2024	9:35
T4 – 3	E: 359636.52 N: 8266296.19	15/11/2024	9:50



N°B*: 00241319

1



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

III. RESULTADOS

CÓDIGO	pH	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (μ S/cm)	CLORURO ppm	SODIO ppm	CALCIO ppm	MAGNESIO ppm	SULFATOS ppm	SALINIDAD ppm
T1-1	6.79	734	41	78.4	9.45	9.2	78	300
T1-2	6.23	399	38	72.5	9.17	8.1	64	200
T1-3	6.00	430	33	66.7	8.74	7.2	53	200
T2-1	6.28	375	27	60.2	8.21	6.9	48	100
T2-2	6.20	254	24	57.4	7.39	6.4	35	100
T2-3	6.19	82.8	20	53.9	7.04	5.8	30	100
T3-1	7.39	67.8	18	45.1	6.23	5.3	25	0
T3-2	7.37	89.0	16	33.6	6.00	3.6	18	0
T3-3	7.58	68.5	14	27.0	5.32	2.7	15	0
T4-1	8.35	75.0	11	18.4	4.28	2.3	12	0
T4-2	8.33	41.1	8	15.8	3.20	1.9	9	0
T4-3	8.03	35.1	6	16.0	2.06	1.4	6	0

IV. OBSERVACIÓN

Los resultados se aplicaron a la muestra tal como se recibió

Juliaca, 13 de diciembre del 20

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca
CIP: 47960
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL. ISEP

NºB*: 002411



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - RAÍZ

INFORME N° LCA020 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Karen Yaneth Ruelas Palomino
1.2. Proyecto : FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR
SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE
TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Raíz
2.2. Numero de muestras : 12
2.3. Muestreado por : Karen Yaneth Ruelas Palomino
2.4. Fecha de ensayo : 18/11/2024
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : San Román
2.7. Distrito : Cabana
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
T1 - 1	E: 359639.04 N: 8266306.56	15/11/2024	8:00
T1 - 2	E: 359656.23 N: 8266296.05	15/11/2024	8:00
T1 - 3	E: 363035.55 N: 8276013.95	15/11/2024	8:09
T2 - 1	E: 359708.64 N: 8266270.9	15/11/2024	8:15
T2 - 2	E: 359711.79 N: 8266249.51	15/11/2024	8:26
T2 - 3	E: 359682.51 N: 8266161.36	15/11/2024	8:36
T3 - 1	E: 359676.9 N: 8266129.63	15/11/2024	8:45
T3 - 2	E: 359639.02 N: 8266137.29	15/11/2024	8:55
T3 - 3	E: 359630.96 N: 8266195.35	15/11/2024	9:10
T4 - 1	E: 359626.57 N: 8266250.96	15/11/2024	9:25
T4 - 2	E: 359634.37 N: 8266283.83	15/11/2024	9:35
T4 - 3	E: 359636.52 N: 8266296.19	15/11/2024	9:50



N°B*: 00241319

1



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

III. RESULTADOS

CÓDIGO	pH	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (μ S/cm)	CLORURO ppm	SODIO ppm	CALCIO ppm	MAGNESIO ppm	SULFATOS ppm	SALINIDAD ppm
T1-1	7.04	14.5	0.3	6.9	1.4	2.7	1.5	0
T1-2	7.15	18.4	0.8	7.0	1.8	3.2	2.5	0
T1-3	7.21	23.6	1.2	9.7	2.2	4.5	3.7	0
T2-1	7.30	28.6	1.6	10.5	2.7	5.3	4.6	0
T2-2	7.28	37.9	2.3	12.4	3.4	5.9	5.7	100
T2-3	7.40	40.2	5.7	15.8	3.8	6.3	7.0	100
T3-1	7.53	48.5	6.9	16.4	4.3	6.9	8.5	100
T3-2	7.39	50.1	8.2	17.0	4.9	7.4	9.9	200
T3-3	7.70	55.7	10.5	17.4	5.5	8.3	12.0	200
T4-1	7.88	73.6	12.6	18.3	6.1	9.0	14.6	300
T4-2	7.41	88.2	15.7	18.6	7.0	11.6	15.8	300
T4-3	7.32	95.7	18.3	21.5	8.4	14.0	16.0	300

IV. OBSERVACIÓN

Los resultados se aplicaron a la muestra tal como se recibió

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"
Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca
CTP. 479910
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Juliaca, 13 de diciembre del 2024

ALPH. 00784474

Anexo 3. Panel fotográfico



Nota. Muestreo de suelos salinos



Nota. Muestreo Obtenidas de suelos salinos



Nota. Trasplante de la especie Llantén a las unidades experimentales



Nota. Crecimiento de la especie Llantén en las unidades experimentales



Nota. Limpieza de la raíz para el monitoreo de la salinidad



Nota. Análisis de parámetros en laboratorio



Nota. Análisis de pH de las muestras de suelo



Nota. Muestras de suelo con salinidad



Nota. Pesaje de muestras de suelos con salinidad



Nota. Monitoreo de la conductividad eléctrica de las muestras de suelo



ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 19 / 01 / 2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: KAREN YANETH RUELAS PALOMINO

Dirección: Jr. Lima Nro 440 - Cabana

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74068269

Teléfono: 990232320 email: ruelaskaren004@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐

Tesis ☒

Trabajo de Suficiencia Profesional ☐

Trabajo Académico ☐

Título: FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LLANTEN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TIRACOMA DEL DISTRITO DE CABANA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): Fitorremediación, Plantago major, salinidad, conductividad eléctrica, humus, suelos degradados

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.

Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____

No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

☐ Sí autorizo

☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☒

Internacional

☐

Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL -P22



Firma de Autor

huella digital

19

- ENERO - 2026

Fecha