

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Fitorremediación de suelos degradados por salinidad
aplicando la especie Plantago major y Pennisetum
clandestinum en zonas altoandinas**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Jhoel Jhoshua Jeremy Apaza Uscamayta

Asesor:

Msc. Miguel Angel Salcedo Enriquez

Juliaca, marzo de 2026

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Msc. Miguel Angel Salcedo Enriquez, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR SALINIDAD APLICANDO LA ESPECIE PLANTAGO MAJOR Y PENNISETUM CLANDESTINUM EN ZONAS ALTOANDINAS”** del autor **Jhoel Jhoshua Jeremy Apaza Uscamayta** tiene un índice de similitud de 13% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 27 días del mes de abril del año 2026



Msc. Miguel Angel Salcedo Enriquez
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 20 día(s) del mes de marzo del año 2020, siendo las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del



de la presidente(a):

Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera

el (la) secretario(a): Msc. Enrique Mamani

Suela

y los demás miembros: Dr. Jorge Juvenal Bravo

Huella Mac. Loayda Abigail Condoni Turpo

y el (la) asesor(a) Msc. Miguel Angel Salcedo

Enriquez

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

"Fitorremediación de suelos degradados por salinidad aplicando la especie Plantago major y Pennisetum clandestinum en zonas altoandinas"

del(los) bachiller(es): a) Jhoel Jhoshua Jeremy Apaza Uscamayta

b)

c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Jhoel Jhoshua Jeremy Apaza Uscamayta

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B -</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidente/a

[Firma]
Asesor/a

[Firma]
Bachiller (a)

[Firma]
Miembro

[Firma]
Bachiller (b)

[Firma]
Secretario/a

[Firma]
Miembro

[Firma]
Bachiller (c)

Indice

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN	6
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
Lugar en estudio	7
Materiales de campo y de gabinete	7
Materiales de laboratorio.....	7
Vestimenta de campo y laboratorio	7
Equipos.....	7
Reactivos	7
Diseño Muestral.....	7
Muestra.....	7
Metodología de procesamientosDeterminar el contenido de sales (Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , PSI, CE) presentes en los suelos de zonas altoandinas	8
Empaquetado y rotulado de muestras de suelos:.....	8
Análisis de la concentración de sales	8
a) Preparación del sustrato	9
b) Recolección de la especie.....	9
c) Construcción de las unidades experimentales.....	9
Diseño estadístico	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
CONCLUSIONES	15
Referencias	15
Anexos	18

Fitorremediación de suelos degradados por salinidad aplicando la especie *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum* en zonas altoandinas

Phytoremediation of soils degraded by salinity using the species *Plantago major* and *Pennisetum clandestinum* in high andean zones

Jhoel Jhoshua Jeremy APAZA USCAMAYTA¹

¹ Universidad Peruana Unión

*Author for correspondence: Jhoel.apaza@upeu.edu.pe

¹ Universidad Peruana Unión

*Author for correspondence: Jhoel.apaza@upeu.edu.pe

Palabras clave: Fitorremediación, salinidad, suelos degradados, *Plantago major*, *Pennisetum clandestinum*

RESUMEN

Actualmente los suelos de algunos sectores de la región de Puno, se encuentran degradados por la salinidad; el cual afecta enormemente el rendimiento de los cultivos para su subsistencia; ante ello se plantea el objetivo general de evaluar el porcentaje de fitorremediación de suelos degradados por salinidad aplicando la especie *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum* en zonas altoandinas. En la metodología se experimentó con 4 tratamientos como sustrato para cada especie: “T1” suelo salino (67%) + arena fina (33%); “T2” suelo salino (67%) + arena fina (16%) + humus (17%); “T3” suelo salino (67%) + arena fina (10%) + humus (20%) + microorganismos eficaces (3%); “T4” suelo salino (67%) + arena fina (3%) + humus (25%) + microorganismos eficaces (5%); y seguidamente se cuantifico la concentración de sales acumulado por la especie para determinar la eficiencia de remoción. En los resultados se encontró una elevada concentración de sodio (27.45 mg/kg), cloruros (43.9 mg/kg), un PSI <15% y la alta conductividad eléctrica (6.47 dS/m) mayor a 4 dS/m evidenciando un grado considerable de salinidad; asimismo, se evidencia que en el proceso de fitorremediación en las mediciones seriadas (20, 40 y 80 días) mostraron una tendencia consistente a la disminución progresiva de los parámetros fisicoquímicos del suelo (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, PSI, CE), asociada a la absorción iónica por las plantas y a la acción de los tratamientos empleados, encontrando que el T4 presentó un mayor promedio de remoción con 46.93%. Concluyendo que la especie *Pennisetum clandestinum* presentó una eficiencia mayor en el tratamiento de la salinidad del suelo altoandinos.

ABSTRACT

Currently, soils in some areas of the Puno region are degraded due to salinity, which greatly affects the yield of subsistence crops. In view of this, the overall objective is to evaluate the percentage of phytoremediation of soils degraded by salinity by applying the species *Plantago major* and *Pennisetum clandestinum* in high Andean areas. The methodology involved experimenting with four treatments as substrates for each species: "T1" saline soil (67%) + fine sand (33%); "T2" saline soil (67%) + fine sand (16%) + humus (17%); "T3" saline soil (67%) + fine sand (10%) + humus (20%) + effective microorganisms (3%); "T4" saline soil (67%) + fine sand (3%) + humus (25%) + effective microorganisms (5%); and then the concentration of salts accumulated by the species was quantified to determine the removal efficiency. The results showed a high concentration of sodium (27.45 mg/kg), chlorides (43.9 mg/kg), a PSI <15%, and high electrical conductivity (6.47 dS/m) greater than 4 dS/m, indicating a considerable degree of salinity. Likewise, it is evident that in the phytoremediation process in the serial measurements (20, 40, and 80 days) showed a consistent trend toward a progressive decrease in soil physicochemical parameters (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, PSI, EC), associated with ion absorption by plants and the action of the treatments used, finding that T4 had a higher average removal rate of 46.93%. It was concluded that the species *Pennisetum clandestinum* showed greater efficiency in treating the salinity of high Andean soils.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, en el mundo la salinización de los suelos es considerado uno de los principales problemas de la agricultura, debido a la acumulación de sales minerales en la superficie y/o el uso de actividades inadecuadas, relacionadas al manejo de suelos y riego (Simanca, 2017), lo cual altera las condiciones físicoquímicas e hidráulicas del suelo, reflejado en deficiencias nutricionales y toxicidades por iones como el Na⁺, acompañado además de pérdida de la estabilidad estructural, aumento del pH y conductividad eléctrica del suelo (Amini et al., 2015); conllevando a que en estos suelos la vegetación sea escasa o nula; Además se estima que cerca de 9,55 ha (0,092 %) de los suelos alrededor del planeta se encuentra afectados por algún grado de salinidad (Yang et al., 2020).

En el Perú al igual que en el mundo no escapa de esta realidad presentando una degradación del suelo del 99% de su territorio, todo ello por la actividad antrópica principalmente; detallando que el 26.8% (34,384,796 Has) de la superficie tiene problemas de desertificación y el 0.24% (306.70 Has) de salinización; este último encontrándose ubicado principalmente en la región Costa (MINAGRI,

2016); dicha situación está causando una productividad baja de cultivos agrícolas lo que causa un aumento de las necesidades básicas insatisfechas en los asentamientos humanos en los que se encuentran, siendo en gran parte de estos suelos el cual pertenecen a los pequeños agricultores (Paico & Surco, 2019); Así mismo, Casas & Galvan (2019), mencionan que si se sigue incrementando la salinidad de suelos se generarían múltiples necesidades como: falta de producción agrícola, desertificación, entre otros. Un efecto evidente de un suelo salino es la reducción en la capacidad de absorción de agua en las plantas y esto se manifiesta en la expansión foliar donde la planta trata de equilibrar su potencial hídrico perdiendo agua. Dicha situación afecta directamente a los cultivos debido a que la mayoría de estos son sensibles a estas condiciones (Fustamante & Galvan, 2019).

No obstante, en la región de Puno; particularmente en los suelos altoandinos de la región de Puno; 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 (Lope, 2021), 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; afecta la relación hídrica de la planta, con el fenómeno llamado plasmólisis, que consiste en ceder agua en vez de absorber, hasta deshidratar su célula y retrasar su crecimiento limitándolo en un 30% y en su equilibrio nutricional (Fustamante & Galvan, 2019).

Si bien existen estudios previos a nivel internacional que evalúan la fitorremediación en suelos salinos, la mayoría se han realizado en zonas costeras, humedales, áreas semiáridas o de clima templado, utilizando especies halófitas como *Atriplex spp.*, *Salicornia spp.* o *Spartina spp* (Yang et al., 2020); sin embargo, estos resultados no pueden extrapolarse directamente a zonas altoandinas, donde las condiciones extremas de altitud, baja presión atmosférica, radiación solar intensa, temperaturas fluctuantes y suelos con limitada fertilidad generan desafíos específicos para la supervivencia y desempeño de las plantas.

Ante ello se propicia el desarrollo de la presente investigación; empleando especies vegetales *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum* por su alta tolerancia a condiciones adversas, incluida la salinidad (Vizconde, 2024).

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar en estudio

La zona en estudio está ubicada en zonas altoandinas de la región de Puno específicamente en el distrito de Taraco, Provincia de Huancané, ubicada en las coordenadas UTM: 8305594.55 m S, 396782.76 m E a una altitud de 3825 m.s.n.m.

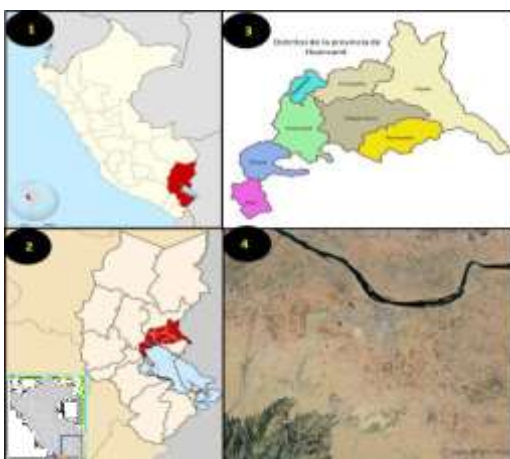


Fig. 1 Ubicación de la zona de estudio

Nota. Obtenido del Google Earth

Materiales de campo y de gabinete

Cinta métrica; Cordel, Plumón indeleble, Bolsas de polietileno, Caja de Tecnopor, Cooler,

Especie *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*, Pala, Pico, Mortero, Bandejas de plástico, Papel aluminio, Sustratos (suelo salino, arena fina, humus, microorganismos eficaces), Maceteros, Malla con abertura de 2mm.

Materiales de laboratorio

Tubos de ensayo, gradillas para tubo de ensayo, pipetas volumétricas, micropipetas, balanza analítica, vasos de precipitados, frascos de vidrio. Papel filtro, estufa, matraz aforado, botellas de lavado, reactivos de limpieza, etiquetas adhesivas, pinzas.

Vestimenta de campo y laboratorio

Casco de seguridad, zapatos CAT, sombrero, chaleco, elementos de seguridad adecuados para actividades en terreno, bata de laboratorio, lentes de seguridad, guantes de látex y mascarillas descartables para actividades en laboratorio.

Equipos

Cámara digital; Balanza analítica; Laptop (HP Core i7 8th.gen.); Autoclave de esterilización; Espectrofotómetro de absorción atómica, Multiparámetro, centrifuga, campana de extracción, agitador magnético con placa calefactora, pHmetro.

Reactivos

Agua destilada, Alcohol de 96°.

Diseño Muestral

Una población es un conjunto de individuos, objetos, entre otros, que coinciden en una serie de especificaciones (Hernandez & Fernandez, 2018).

Por lo que en la presente investigación la población en estudio está representada por los suelos degradados por salinidad de zonas altoandinas de la región de Puno.

Muestra

Según Córdova (2018), señala que la muestra es “parte de una población que se tiene en cuenta de representación de la misma”.

Por lo que la muestra en estudio esta dado por un criterio no probabilístico por conveniencia; por ello que la muestra está considerada con 4 unidades experimentales con diferentes proporciones de suelos degradados por salinidad de zonas altoandinas de la región de Puno.

Metodología de procesamientos Determinar el contenido de sales (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻, Cl⁻, PSI, CE) presentes en los suelos de zonas altoandinas

Para el cumplimiento del presente objetivo se siguió 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 zonas altoandinas de la región de Puno;

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 a la cantidad de material necesario, que en este caso será de 500 gr, por cada área de muestreo.

Empaquetado y rotulado de muestras de suelos:

La muestra para análisis fue empaquetada en una bolsa de polietileno densa, y sobre empaquetada en una caja de Tecnopor hasta su traslado al laboratorio.

Cada una de las muestras obtenidas se tomó en cuenta el etiquetado/rotulado cuyos datos serán (código de muestra, fecha, hora de recolección, volumen de muestra, nombre y firma de la persona que realizó el muestreo y observaciones).

Análisis de la concentración de sales

Se realizó la determinación de la concentración de salinidad en los suelos de la comunidad; antes de comenzar con el proceso experimental con la finalidad de conocer la concentración de estos parámetros en los suelos del área en estudio.

Tabla 1. Parámetros a analizar

N°	Parámetro a analizar	Unidad de medida	Método e análisis
1	Conductividad Eléctrica	ds/m	Multiparámetro
2	Potencial de Hidrogeno-pH	Und	Multiparámetro
3	Capacidad de Intercambio Catiónico-CIC (Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻)	Cmol /Kg	Espectrofotómetro de absorción atómica
4	Porcentaje de Sodio Intercambiable -PSI	%	Espectrofotómetro de absorción atómica

El análisis de dichos parámetros se realizó en el laboratorio de suelos del Instituto de Innovación Agraria – INIA, donde la conductividad eléctrica y el pH se determinó por multiparámetro, mientras que la CIC y el PSI se determinó con el método de acetato de amonio por espectrofotómetro de absorción atómica.

Cuantificar la cantidad de sales absorbido (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻, Cl⁻, PSI, CE) por la especie *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum* de los suelos degradados por salinización en zonas altoandinas

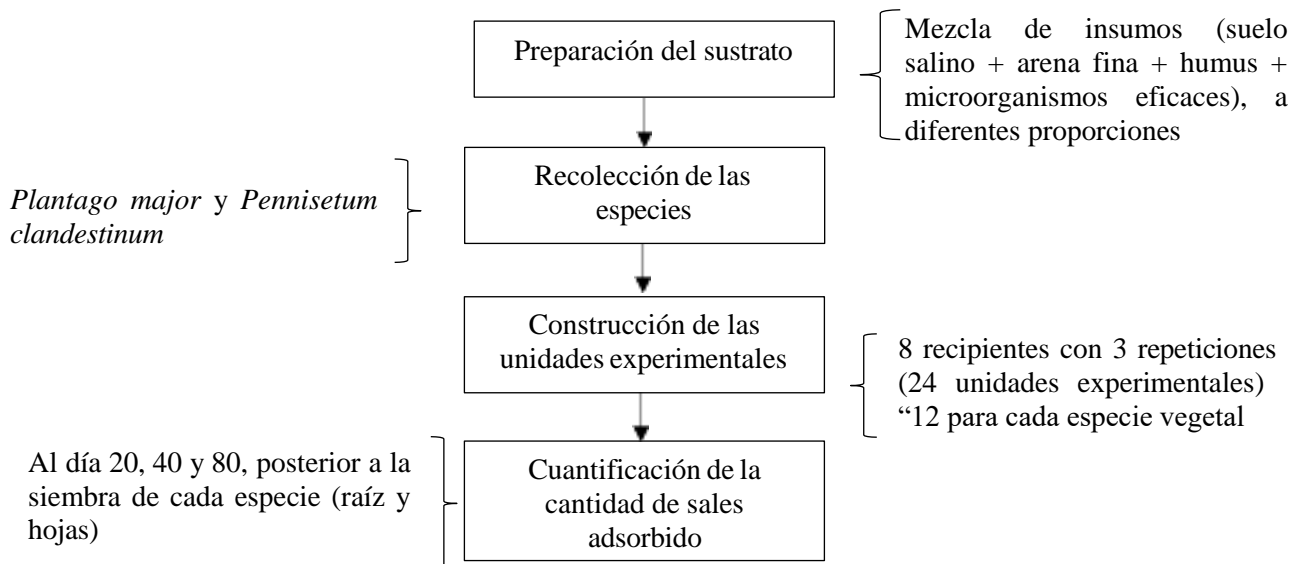


Fig. 2 Organigrama del proceso experimental

Nota. Procedimiento similar para las dos especies vegetales

a) Preparación del sustrato

Para ello se empleó las siguientes dosis:

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

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

T3: Suelo salino (67%) + arena fina (10%) + humus (20%) + microorganismos eficaces (3%)

T4: Suelo salino (67%) + arena fina (3%) + humus (25%) + microorganismos eficaces (5%)

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

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

c) Construcción de las unidades experimentales

Para ello se preparó recipientes 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 *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum* 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, evitando de tal manera 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 *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*

Se realizó el monitoreo de la concentración de sales al día 20, 40 y 80, posterior a la siembra de cada especie, en el sustrato, en la parte radicular (raíz) y la parte aérea (hojas) de la planta; por ello secó el material extraído (raíces y hojas) a temperatura ambiente; posteriormente se realizó la molienda en un mortero, hasta obtener

partículas finas; luego fue tamizado con una malla con abertura de 2mm; hasta obtener partículas más finas de la especie; y finalmente se realizó el análisis de la concentración de sales en las raíces, y hojas de la planta mediante espectrofotometría de absorción atómica.

Estimar la eficiencia de la especie *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum* para la fitorremediación de la salinidad de suelos altoandinos

Para determinar la eficiencia de la especie *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum* para la fitorremediación de la salinidad de los suelos altoandinos, se empleó la siguiente ecuación:

$$\% \text{remocion} = \frac{C_f - C_i}{C_f} * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde: (C_i) Concentración inicial; (C_f) Concentración final.

Diseño estadístico

La especie *Plantago major* o *Pennisetum clandestinum*, para conocer si logró remediar los suelos salinos, fueron analizados por la prueba estadística ANOVA para conocer la relación de la aplicación de la especie *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum* en la fitorremediación de suelos salinos; siendo la prueba de decisión en este análisis, el valor p-value, el cual debe ser inferior a 0.05 y esto indicó la existencia de una remoción significativa

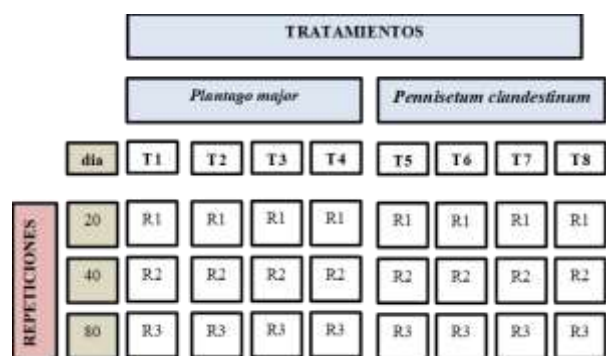


Fig. 3 Organigrama de las unidades experimentales

Nota. (T) Tratamiento; (R) Repetición

Además, se empleó métodos estadísticos avanzados que permitieron analizar de manera integral los resultados obtenidos, identificar patrones de comportamiento y predecir la eficiencia del proceso de remediación siendo está el análisis de varianza ANOVA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración inicial de sales presentes en los suelos

Para la extracción de las muestras de suelo, se establecieron 3 puntos localizados en Taraco en lugares aledaños. En la tabla 2, se muestra el análisis inicial (C_0) de las sales presentes en el suelo mediante una muestra compuesta, conformada por porciones de suelo de los puntos M1, M2 y M3.

Tabla 2. Análisis de la concentración inicial de los suelos

Parámetro	M1	M2	M3	C_0
Na ⁺ (mg/kg)	17.6	23	19.4	27.45
Ca ²⁺ (mg/kg)	10.47	15.02	12.33	14.08
Mg ²⁺ (mg/kg)	9.3	8.1	7.5	9.12
SO ₄ ²⁻ (mg/kg)	1.66	1.41	1.66	1.76
Cl ⁻ (mg/kg)	17.8	45.1	38.2	43.9
PSI (%)	9.14	14.77	12.63	13.15
CE (dS/m)	5.21	6.62	5.84	6.47
pH	7.5	8.5	7.9	8.10

Este análisis inicial del suelo por degradación por salinidad evidenció un alto contenido de sales,

con una concentración de 27.45 mg/kg, de Na⁺, 14.08 mg/kg de Ca²⁺ y 43.9 mg/kg de Cl⁻, además de una conductividad eléctrica (CE) de 6,47 dS/m y un pH ligeramente alcalino (8,1). Estos valores indican un suelo salino propia de zonas altoandinas con limitada lixiviación natural debido a las bajas precipitaciones (Lope, 2021).

Por otro lado, el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) fue de 13.15%, evidenciando un posible problema de sodificación, concordante con los valores reportados por (Suaña & Nina, 2019) para suelos localizados en zonas altoandinas degradados por la salinización.

Concentración de sales absorbidas por las especies *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum* en los tratamientos

La acumulación y distribución de sales en las plantas es un proceso complejo influenciado por la especie, la parte del tejido vegetal y el tiempo de exposición a condiciones salinas. En este contexto, se analizaron las concentraciones de iones en *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum* durante 20, 40 y 80 días de exposición, en función a los tratamientos (T1, T2, T3 y T4).

Tabla 3. Concentración de sales absorbidas en la raíz y hoja de la especie *Plantago major*

Parámetro	T1			T2			T3			T4			
	20 d	40 d	80 d	20 d	40 d	80 d	20 d	40 d	80 d	20 d	40 d	80 d	
Raíz	Na ⁺	2.86	2.91	3.5	2.97	4.5	5.04	4.61	5.21	6.05	5.3	5.97	6.13
	Ca ²⁺	1.03	1.25	1.1	1.8	2.4	2.9	2.03	2.88	3.74	2.87	3.1	3.41
	Mg ²⁺	0.02	0.08	0.15	0.87	0.95	1.21	1.03	1.58	2.29	1.97	2.11	2.62
	SO ₄ ²⁻	0.005	0.009	0.009	0.08	0.1	0.07	0.09	0.09	0.18	0.09	0.19	0.19
	Cl ⁻	2.87	3.97	5.75	3.21	5.89	7.12	6.01	7.41	8.03	7.15	9.45	12.12
Hoja	Na ⁺	0.13	0.45	1.2	0.57	1.45	1.94	0.97	1.14	1.64	1.54	1.97	2.19
	Ca ²⁺	0.009	0.011	0.018	0.034	0.054	0.072	0.062	0.071	0.097	0.081	0.086	0.106
	Mg ²⁺	0.008	0.01	0.0079	0.03	0.037	0.097	0.0071	0.105	0.137	0.118	0.121	0.167
	SO ₄ ²⁻	0.0001	0.0002	0.0018	0.0036	0.0058	0.0071	0.0062	0.0084	0.0101	0.0098	0.0112	0.0159
	Cl ⁻	0.75	0.99	1.21	1.03	1.24	2.7	1.77	2.97	3.01	2.34	3.08	3.55

E: especie; d: días; T1: Suelo salino (67%) + arena fina (33%); T2: Suelo salino (67%) + arena fina (16%) + humus (17%); T3: Suelo salino (67%) + arena fina (10%) + humus (20%) + microorganismos eficaces (3%); T4: Suelo salino (67%) + arena fina (3%) + humus (25%) + microorganismos eficaces (5%).

En la Tabla 3 se observa que *Plantago major* presenta una tendencia creciente en la concentración de Na⁺ y Cl⁻ tanto en raíz como en hoja, a medida que avanza el tiempo de exposición y la concentración salina de los tratamientos. Los valores más altos de Na⁺ y Cl⁻ en la raíz (6.13 y 12.12 mg/kg, respectivamente) a los 80 días en el tratamiento T4 evidencian una fuerte capacidad de acumulación radicular, según Aimituma, Llanqui, & Fernández (2023) este

incremento de sodio en la raíz se asocia al efecto de los microorganismos y al mayor contenido de materia orgánica el cual favorece el intercambio catiónico.

En la hoja, los niveles de Na⁺ y Cl⁻ también aumentan, aunque en menor proporción, lo que sugiere una restricción parcial en el transporte de estos iones hacia la parte aérea.

Por otro lado, Ca^{2+} y Mg^{2+} mostraron incrementos graduales en la raíz; en la parte radicular los valores Ca^{2+} incrementaron desde 1.03 mg/kg (T1 20 días) hasta 3.41 mg/kg (T4 80 días), en el caso del Mg^{2+} desde 0.02 mg/kg (T1 20 días) hasta 2.62 mg/kg T4(80 días). Estos resultados coinciden con lo señalado por Lope (2021), quien reportó que las enmiendas orgánicas

incrementan el contenido de Ca^{2+} intercambiable en suelos salino-sódicos, contribuyendo a la mejora de la estructura del suelo y a la reducción de la conductividad eléctrica (CE). En las hojas, estos valores también mostraron una tendencia ascendente, lo que sugiere una redistribución limitada hacia los tejidos aéreos.

Tabla 4. Concentración de sales absorbidas en la raíz y hoja de la especie *Pennisetum clandestinum*

Parámetro	T1			T2			T3			T4			
	20 d	40 d	80 d	20 d	40 d	80 d	20 d	40 d	80 d	20 d	40 d	80 d	
raíz	Na^+	2.47	3.01	3.62	3.12	5.78	6.01	4.94	6	6.38	6.24	8.24	10.11
	Ca^{2+}	1.18	1.39	0.22	2.99	3.79	5.47	5.03	5.78	6.59	5.91	8.41	9.12
	Mg^{2+}	0.26	0.31	0.35	0.1	0.45	1.59	0.98	1.68	2.75	2.15	3.25	3.75
	SO_4^{2-}	0.043	0.97	0.15	0.099	0.105	0.14	0.08	0.164	0.19	0.18	0.1	0.21
	Cl^-	2.94	4.01	5.97	3.45	6.42	7.47	6.11	8.11	9.74	9.17	11.28	15.31
hoja	Na^+	0.23	0.97	1.35	0.98	1.77	2.05	1.46	2.29	3.84	2.12	3.54	4.08
	Ca^{2+}	0.14	0.24	0.85	0.15	0.97	1.27	0.81	1.27	1.99	1.13	1.77	2.81
	Mg^{2+}	0.09	0.15	0.57	0.97	1.24	1.98	2.17	2.73	3.08	2.15	3.28	2.31
	SO_4^{2-}	0.0003	0.0004	0.0018	0.0036	0.0058	0.0081	0.0071	0.0097	0.0215	0.0105	0.0112	0.0159
	Cl^-	1.12	1.26	1.94	1.84	1.94	2.85	2.99	3.18	3.77	2.91	3.16	4.24

E: especie; d: días; T1: Suelo salino (67%) + arena fina (33%); T2: Suelo salino (67%) + arena fina (16%) + humus (17%); T3: Suelo salino (67%) + arena fina (10%) + humus (20%) + microorganismos eficaces (3%); T4: Suelo salino (67%) + arena fina (3%) + humus (25%) + microorganismos eficaces (5%).

La Tabla 4 muestra que la especie *Pennisetum clandestinum* presentó concentraciones más elevadas de Na^+ en raíz, desde 2.47 meq/L en T1 (20 días) hasta 10.11 mg/kg en T4 (80 días) demostrando una notable tolerancia y capacidad de absorción de sodio. Este resultado superó al obtenido por *Plantago major*, lo que sugiere una mayor adaptación fisiológica de *Pennisetum clandestinum* a condiciones de alta salinidad, coherente con los hallazgos de Lastiri (2019), quien destacó su potencial como especie forrajera fitorremediadora. En las hojas, el Na^+ alcanzó 4.08 mg/kg en T4 (80 días), lo que evidencia una mayor movilidad de sodio hacia los tejidos aéreos.

Asimismo, los niveles de Ca^{2+} y Mg^{2+} mostraron incremento en sus valores desde 1.18 mg/kg en T1 (20 días) hasta 9.12 mg/kg en T4 (80 días), mientras que el Mg^{2+} alcanzó hasta 3.75 mg/kg en el mismo tratamiento. Estas concentraciones reflejan una recuperación significativa del equilibrio catiónico, efecto que se atribuye al uso de enmiendas orgánicas y microorganismos eficaces que favorecieron la retención de nutrientes en el complejo de cambio (Galecio & Tarazona, 2022). De igual modo, el Cl^- mostró un patrón ascendente, desde 2.94 mg/kg en T1 (20 días) hasta 11.53 mg/kg en T4

(80 días), lo cual se asoció con la capacidad del pasto para acumular sales en tejidos radiculares.

Análisis de sales en el suelo en los tratamientos con especies *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*

Se analizaron los principales iones responsables de la salinización (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} y Cl^-) del suelo, así como indicadores químicos de calidad del suelo, tales como el Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), la Conductividad Eléctrica (CE) y el pH. Los ensayos se desarrollaron bajo cuatro tratamientos (T1 a T4) que variaron en la proporción de suelo salino, arena fina, humus y microorganismos eficaces, con muestreos a los 20, 40 y 80 días de cultivo.

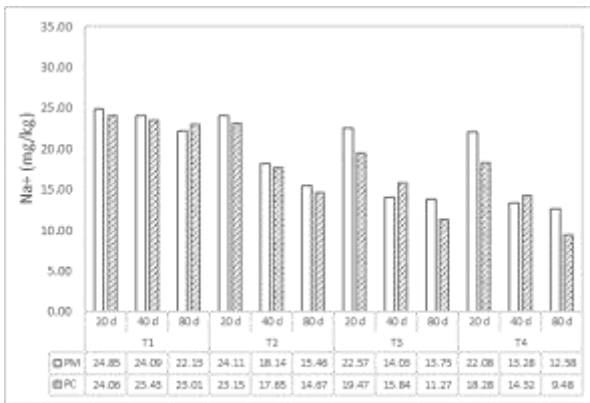


Fig. 4 Variación del Na^+ en suelos salinos tratados con *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*

En la figura 4 los resultados mostraron una disminución en la concentración de sodio (Na^+) en el suelo a lo largo de los tratamientos. Donde *Plantago major* con un valor inicial de 27.45 mg/kg se redujo hasta 12.58 mg/kg, mientras que *Pennisetum clandestinum* alcanzó un valor de 9.48 mg/kg para. Según Galecio & Tarazona (2022) esta tendencia es similar al aplicar especies halófitas, en donde destacan el papel de las raíces como mecanismos de extracción y acumulación de sales.

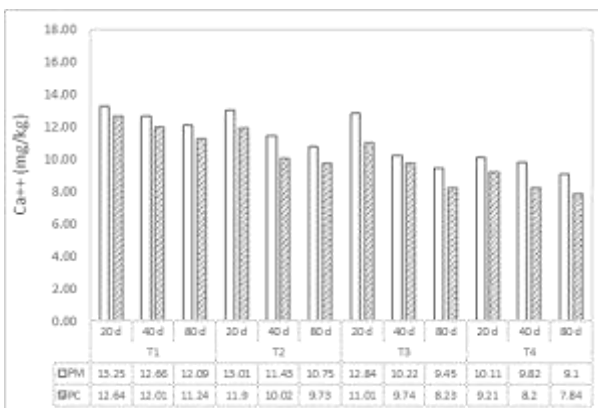


Fig. 5 Variación del Ca^+ en suelos salinos tratados con *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*

En la figura 5 la concentración de calcio (Ca^{2+}) oscilaron entre 14.08 a 9.1 mg/kg en *Plantago major*, y para *Pennisetum clandestinum* variaron hasta 7.84 mg/kg al día 80. Este comportamiento indicó una mejora en la disponibilidad de calcio en el suelo, posiblemente debido al desplazamiento de iones sodio de los sitios de intercambio, fenómeno documentado en estudios de rehabilitación de suelos salino-sódicos (Lope (2021); Suaña & Nina (2019)).

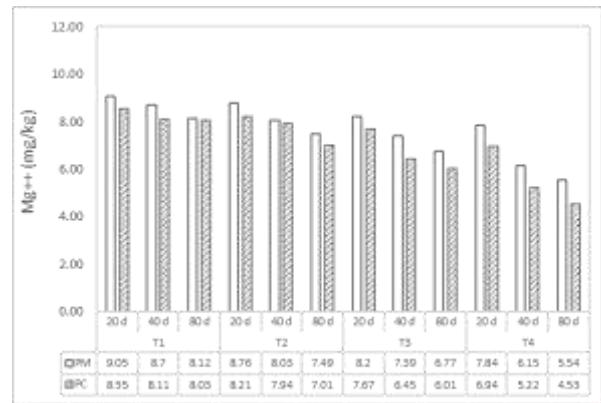


Fig. 6 Variación del Mg^{++} en suelos salinos tratados con *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*

La figura 6 indicó que en el tratamiento T4 se presentaron concentraciones bajas de magnesio (Mg^{2+}), frente a un valor inicial de 9.12 mg/kg se redujeron a valores de 5.54 mg/kg en *Plantago major* y 4.53 mg/kg en *Pennisetum clandestinum* al día 80. Esta evidencia la mineralización de la materia orgánica del humus y a la mejora en la capacidad de intercambio catiónico del suelo, favoreciendo la liberación de Mg^{2+} al sistema. Del mismo modo resultados similares fueron descritos por Dávila y Flores (2023) en suelos tratados con vermicompost, asociando la movilización de nutrientes a la acción de microorganismos y ácidos húmicos que regulan la disponibilidad iónica.

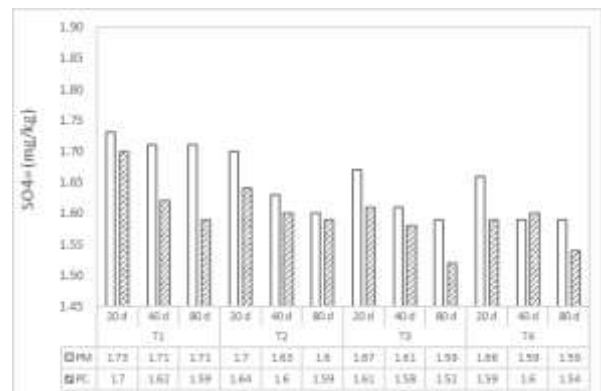


Fig. 7 Variación de SO_4^{2-} en suelos salinos tratados con *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*

En la figura 7 se observó que las concentraciones de sulfato (SO_4^{2-}) disminuyeron levemente en ambos cultivos, destacando el tratamiento T4 con reducciones desde 1.76 mg/kg hasta 1.59 mg/kg en *Plantago major* y en *Pennisetum clandestinum* alcanzado un valor de 1.54 mg/kg.

De manera similar, las concentraciones de cloruros (Cl^-) como se muestra en la figura 8, se

redujeron hasta valores de 12.7 y 1.59 mg/kg en las mismas especies, respectivamente. Romero & Loayza (2023) señalan que la actividad microbiana en suelos salinos favorece la degradación y lixiviación sales, mientras que Lope (2021) reportó efectos semejantes con la aplicación de compost y estiércol bovino en suelos reduce los cloruros mediante la adsorción.

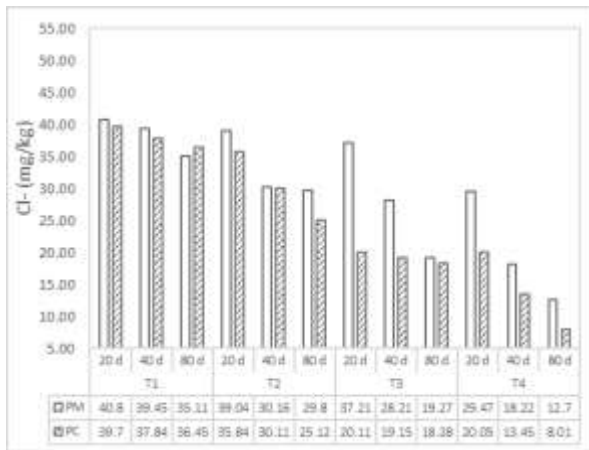


Fig. 8 Variación de Cl⁻ en suelos salinos tratados con *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*

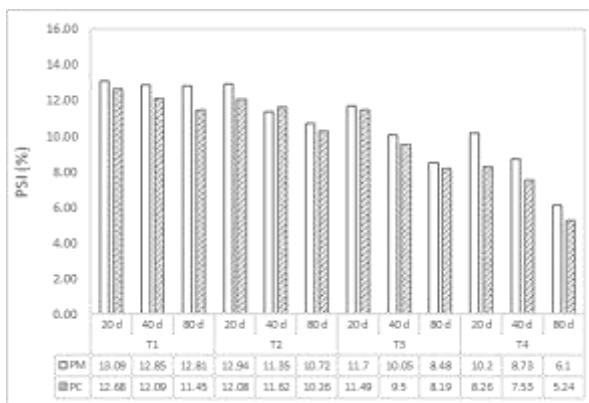


Fig. 9 Variación de PSI en suelos salinos tratados con *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*

En la figura 9 se observa que el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) reducciones altas, de un valor inicial de 13.15% con *Plantago major* alcanzo a un valor de 6.1% en T4 (80 días) y a 5.24% en *Pennisetum clandestinum*, lo cual indicó una notable reducción salinidad en el suelo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Suaña y Nina (2019) quienes observaron reducciones del 50 % del PSI aplicando estiércol en suelos altoandinos. De igual forma, Aimituma et al., (2023) obtuvieron valores mínimos de PSI (7 %) en suelos tratados con enmiendas orgánicas, atribuyendo la mejora a la disminución de la concentración de sodio intercambiable.

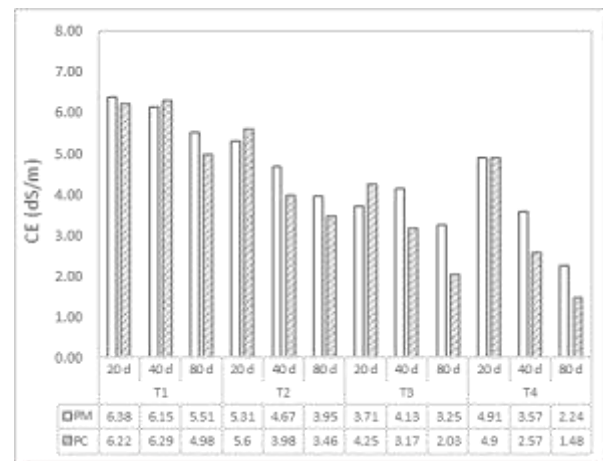


Fig. 10 Variación de CE en suelos salinos tratados con *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*

En la figura 10 se muestra que la conductividad eléctrica (CE) disminuyó de un valor inicial de 6.47 dS/m a 2.24 dS/m y 1.48 dS/m en T4 (80 días) para *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*, respectivamente, evidencian una desalinización del suelo. Según Galecio y Tarazona (2022), reducciones semejantes fueron observadas al emplear especies halófitas, donde la absorción de sales redujo la CE hasta niveles óptimos para la actividad biológica del suelo.

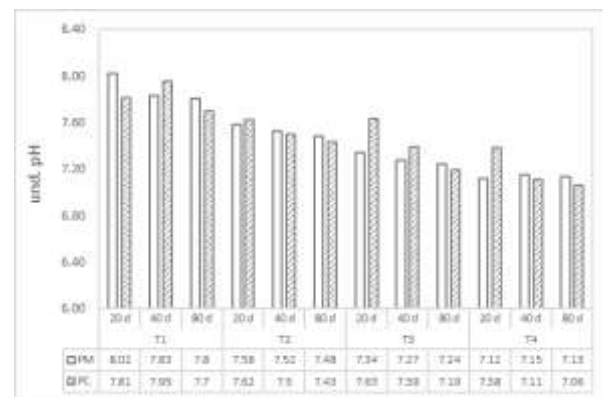


Fig. 11 Variación de pH en suelos salinos tratados con *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*

En la figura 11 se observa que el pH del suelo inicialmente alcalino (8.1), mostro una ligera tendencia hacia la neutralidad alcanzando valores de 7.13 pH en *Plantago major* y 7.06 pH en *Pennisetum clandestinum*, en T4 (80 días). Según Rodríguez (2023) esta variación favoreció el restablecimiento de condiciones químicas más adecuadas para la microbiota del suelo, mientras que Mejía et al., (2024) sostiene que los bioestimulantes incrementan la tolerancia vegetal al estrés salino.

Eficiencia de la especie *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*

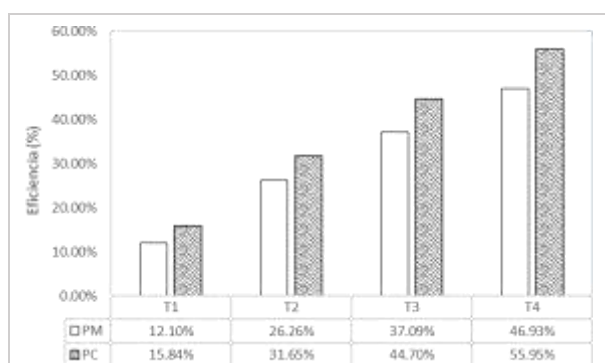


Fig. 12 Eficiencia de fitorremediación en la salinidad de los suelos

De acuerdo a la figura 12 se observa que en el día 80 de evaluación la eficiencia de fitorremediación de la salinidad del suelo, los resultados varían en base al tratamiento y especie empleado. En el caso de *Plantago major* tuvo una eficiencia que aumentó desde 12.10% en T1 hasta 46.93% en T4; sin embargo, la *Pennisetum clandestinum* presento valores superiores en todos los tratamientos, alcanzando un 55.95% de eficiencia en T4. Este comportamiento indico que ambas especies redujeron salinidad en función a la materia orgánica y microorganismos eficaces incorporados en el sustrato.

Por otro lado, la superioridad de la eficiencia de *Pennisetum clandestinum* evidencia una mayor capacidad fisiológica para tolerar y acumular sales, favoreciendo al movimiento iónico y la lixiviación de sodio. Este resultado coincide con lo expuesto por Lastiri (2019), quien indico que las gramíneas forrajeras poseen una mayor tolerancia y capacidad de fitorremediación, estos resultados también se relacionan con la aplicación de enmiendas orgánicas en suelos degradados por la salinización (Suaña & Nina, 2019).

En la tabla 5, se aprecia el análisis de varianza (ANOVA) para la remoción de la salinidad en los sustratos de los tratamientos para cada especie vegetal (*Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*), indicando que para efectos de cada especie vegetal, no es significativo (p -valor >0.05), así mismo para efectos de la acumulación de sales en las partes de cada especie (raíz y hojas), es altamente significativo (p -valor <0.05); confirmando que la remoción de la salinidad en las partes de cada especie varia considerablemente en cada tratamiento y especie vegetal.

Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) para la remoción de la salinidad empleando la especie vegetal (*Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*),

F.V.	SC	gl	CM	F	Sig.
Especie vegetal	13.79	2	13.79	0.00	0.500
Partes de la planta	827.00	2	827.00	59.97	0.0118
Error	13.79	1	13.79		
Total	854.58	5			

En la tabla 6, se aprecia la prueba de Tukey para la para la remoción de salinidad de la especie vegetal (*Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*), indicando que la especie *Pennisetum clandestinum* resalta estadísticamente, con una concentración final de 43.34 mg/kg, mientras que la especie *Plantago major*, no destaca estadísticamente presentando una concentración final de 22.26 mg/kg

Tabla 6. Prueba de Tukey para la remoción de salinidad de la especie vegetal (*Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*),

Tratamiento	Media (mg/kg)	Repeticiones	Sig. ≤ 0.05
<i>Pennisetum clandestinum</i>	25.98	2	a
<i>Plantago major</i>	22.26	2	b

En la tabla 7, se aprecia la prueba de Tukey para la para la acumulación de salinidad de la especie vegetal (*Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*), indicando que la parte donde se acumula mayormente la concentración de sales es en la raíz, resaltando estadísticamente con 38.50 mg/kg

Tabla 7. Prueba de Tukey para la acumulación de salinidad de la especie vegetal (*Plantago major* y *Pennisetum clandestinum*),

Tratamiento	Media (mg/kg)	Repeticiones	Sig. ≤ 0.05
Raíz	38.50	2	a
Hojas	9.74	2	b

CONCLUSIONES

El análisis del contenido de sales en los suelos del distrito de Taraco presentó características típicas de suelos salinos. Con una elevada concentración de sodio (27.45 mg/kg), cloruros (43.9 mg/kg), un PSI <15% y la alta conductividad eléctrica (6.47 dS/m) mayor a 4 dS/m evidencian un grado considerable de salinidad, acompañado de un pH ligeramente alcalino (8.1). Asimismo, se evidencia que en el proceso de fitorremediación que las mediciones seriadas (20, 40 y 80 días) mostraron una tendencia consistente a la disminución progresiva de los parámetros fisicoquímicos del suelo (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, PSI, CE), asociada a la absorción iónica por las plantas y a la acción de los tratamientos empleados. No obstante, entre ambas especies empleadas en el periodo experimental de fitorremediación, la *Pennisetum clandestinum* presentó una eficiencia mayor en el tratamiento de la salinidad del suelo de Taraco, con valores que oscilan entre 44.70% (T3) y 55.95% destacando en el tratamiento T4, donde se realizó una combinación de sustrato con mayor proporción de humus y microorganismos eficaces.

Este estudio ha demostrado que la fitorremediación mediante especies altoandinas como *Pennisetum clandestinum* y *Plantago major* representan una alternativa ambientalmente sostenible y técnicamente viable para la rehabilitación de suelos salinizados en ecosistemas altoandinos.

Referencias

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. doi:<https://doi.org/10.51252/reacae.v2i1.388>

Amini, S., Ghadiri, H., Chen, C., & Marschner, P. (2015). Salt-affected soils, reclamation, carbon dynamics, and biochar. *Journal of Soils and Sediments*, 939-953. doi:<https://doi.org/10.1007/s11368-015-1293-1>

Amones, R., & Barja, M. (2019). *Capacidad de acumulación de plomo de las especies adventicias *Amaranthus quitensis*, *Chenopodium ambrosioides* y *Tagetes minuta* en diferentes tipos de suelos*. Lima: Universidad Peruana Unión.

Bonilla, S. (2018). *Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación*. Quito: Universidad Politecnica Salesiana. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4400>

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. Obtenido de <https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01>

Córdova, I. (2018). *"Instrumentos de investigación"*. Lima: San Marcos de Aníbal Jesús Paredes Galván. Obtenido de http://catalogovirtual.bibliotecaep.mil.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=7042&shelfbrowse_itemnumber=14212

Davila, L., & Flores, L. (2023). *Evaluación del comportamiento del vermicompost en un suelo salino cultivando el rabanito (*Raphanus sativus* L.)*. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/138577>

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. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/204171>

DS. N° 002-MINAM. (2014). *Guía 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

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. Obtenido de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5495>

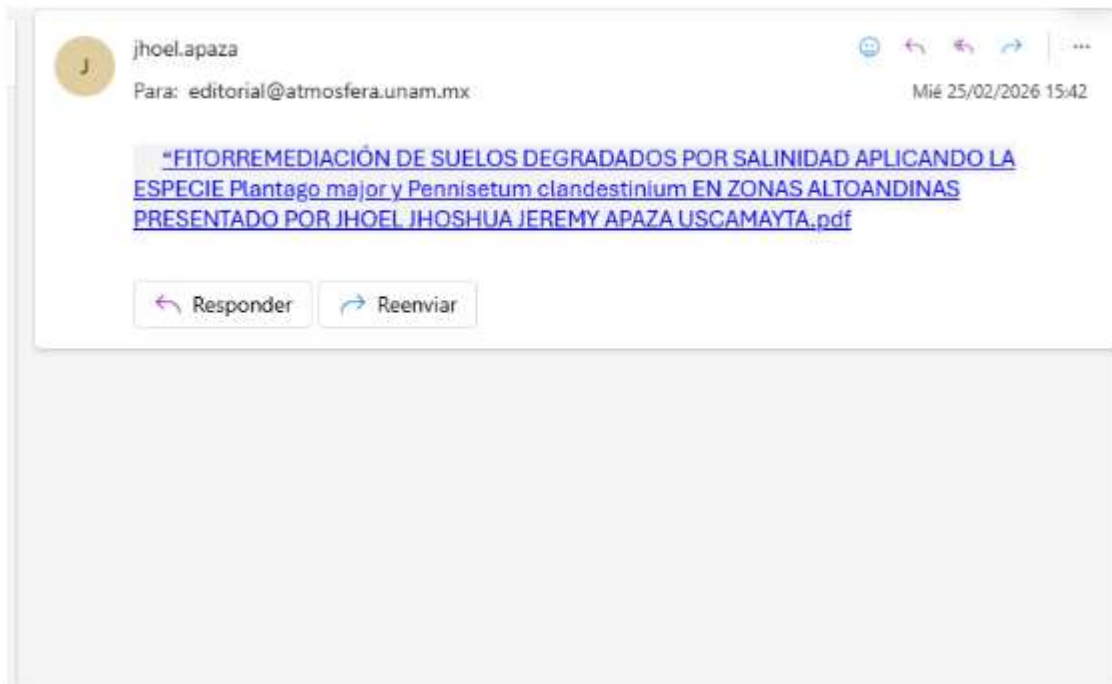
Fustamante, N., & Galvan, A. (2019). *Eficiencia de las enmiendas orgánicas en la recuperación de suelos salinos en el distrito de San Vicente De Cañete – Lima*. Lima: Universidad Peruana Unión. Obtenido de <https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01>

- Galecio, J., & Tarazona, R. (2022). *Reducción de la salinidad en suelos agrícolas utilizando Sesuvium portulacastrum y Aptenia cordifolia*, Chancay – 2022. Lima: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/106098>
- 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. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1669-23142022000300267&script=sci_arttext
- 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. doi:<http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1791>
- Justo, L. (2023). *Influencia de la precipitación y la temperatura sobre la variabilidad espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochiri durante el período 1986-2022*. Lima: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/33863>
- Lastiri, M. (2019). *Evaluación y selección de una planta forrajera con potencial para fitorremediar suelos salinos*. Jiquilpan de Juárez: Instituto politecnico nacional. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/555605444/TESIS-MARCOS-A-LASTIRI-HERNANDEZ>
- 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. Obtenido de <https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.01.04>
- 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. doi:<https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2024.01.04>
- 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. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14095/1072>
- MINAGRI. (2016). *Programa presupuestal multisectorial 0089: "Reducción de la degradación de los suelos agrarios*. Lima: Ministerio de agricultura y riego. Obtenido de <https://www.gob.pe/es/69942-programa-de-desarrollo-productivo-agrario-rural-programa-presupuestal-0089-reduccion-de-la-degradacion-de-los-suelos-agrarios>
- 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. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/50934>
- Pastor, J. (2016). *Efecto del uso del vermicompost para la biorremediación de suelos salinosódicos del estado Falcón*. Barquisimeto: Universidad Yacambú. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36296302/Tesis-UNY-Jose-Pastor-Mogollon-libre.pdf?1421446970=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEfecto_del_Uso_del_Vermicompost_para_la.pdf&Expires=1733370156&Signature=Q9jEMZUVaw6ealbEFdWMBOJ8RoT69~Jg
- Pinchao, J. (2013). Estimación del potencial productivo del suelo (PPS) en cultivo de Maíz afectado por salinidad. *ILAMA*, 1-115. doi:<https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1419195>
- Ramirez, P. (2016). *Condiciones de salinidad y recuperación de los suelos de la cancha pública de Golf - San Bartolo- Lima*. Lima: facultad de Ingeniería Agrícola- Universidad Nacional Agraria la Molina. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2482>
- Rodríguez, 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 Autónoma 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. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8293
- 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 mays) en el Copey-Cesar*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/61024>
- 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. Obtenido de <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2684>
- 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*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/22255>
- 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. doi:[https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(09\)60284-8](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(09)60284-8)

Anexos

Anexos 1. Evidencia de Sumisión



Anexos 2. Copia de Resolución de Sustentación



“AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO”

RESOLUCIÓN N° 1233-2024/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 17 de diciembre de 2024

VISTO:

El expediente de **Jhoel Jhoshua Jeremy Apaza Uscamayta**, identificado(a) con Código Universitario N° 201720165, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Jhoel Jhoshua Jeremy Apaza Uscamayta**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Fitorremediación de suelos degradados por salinidad aplicando la especie *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum* en zonas altoandinas " y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 17 de diciembre de 2024, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Fitorremediación de suelos degradados por salinidad aplicando la especie *Plantago major* y *Pennisetum clandestinum* en zonas altoandinas "** y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar como asesor el **MSc. Miguel Angel Salcedo Enriquez** para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por el: **Dr. Jorge Juvenal Bravo Hualla** y el **MSc. Loayda Abigail Condori Turpo** otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Ph.D. Silvia Pilco Quesada
SECRETARIA ACADÉMICA

CC:
-Internado
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo

Anexos 3. Figura

