

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Enmiendas orgánicas (estiércol de vacuno y cuy) como
biorrecuperación de suelo salino en la zona rural de
Cachipampa en el Distrito de San Pablo – Cusco**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Katheryne Micol Aimituma Franco
Sheyla Estefanny Llanqui Ticona

Asesor:

Mag. Joel Hugo Fernandez Rojas

Lima, Julio del 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Mg. Ing. Joel Hugo Fernandez Rojas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“ENMIENDAS ORGÁNICAS (ESTIÉRCOL DE VACUNO Y CUY) COMO BIORRECUPERACIÓN DE SUELO SALINO EN LA ZONA RURAL DE CACHIPAMPA EN EL DISTRITO DE SAN PABLO – CUSCO”** constituye la memoria que presenta los Bachiller(es) Katheryne Micol Aimituma Franco y Sheyla Estefanny Llanqui Ticona para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 21 días del mes de julio del año 2022.



Joel Hugo Fernandez Rojas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los 15 días día(s) del mes de julio del año 2022 siendo las 08:30 horas, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga**, el secretario: **Mg. Iliana Del Carmen Gutierrez Rodríguez**, y los demás miembros: **Ing. Nancy Curasi Rafael** y el **Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio**, y el asesor **Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Enmiendas orgánicas (estiércol de vacuno y cuy) como biorecuperación de suelo salino en la zona rural de Cachipampa en el Distrito de San Pablo-Cusco" de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **KATHERYNE MICOL AIMITUMA FRANCO**

.....b) **SHEYLA ESTEFANNY LLANQUI TICONA**

conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título profesional)

con mención

en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(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 el(los)/la(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:

Candidato (a): **KATHERYNE MICOL AIMITUMA FRANCO**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	18	A-	Muy bueno	Sobresaliente

Candidato (b): **SHEYLA ESTEFANNY LLANQUI TICONA**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy bueno	Sobresaliente

(*) *Ver parte posterior*

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(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.

Presidente
Mg. Milda Amparo
Cruz Huaranga



Secretario
Mg. Iliana Del
Carmen Gutierrez
Rodriguez

Asesor
Mg. Joel Hugo
Fernandez Rojas

Miembro
Ing. Nancy Curasi
Rafael

Miembro
Mg. Jackson
Edgardo Perez
Carpio

Candidato/a (a)
Katheryne Micol

Candidato/a (b)
Sheyla Estefanny

Enmiendas orgánicas (estiércol de vacuno y cuy) como biorrecuperación de suelo salino en la zona rural de Cachipampa en el Distrito de San Pablo – Cusco

Organic amendments (cattle and guinea pig manure) as biorecovery of saline soil in the rural area of Cachipampa in the District of San Pablo – Cusco

Katheryne Micol Aimituma Franco^a, Sheyla Estefanny Llanqui Ticona^a y Joel Hugo Fernández Rojas^a

^a Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura EP, Ingeniería Ambiental. Lima, Perú.

Resumen

La salinidad en suelos afecta gravemente a la agricultura mundial por el afloramiento y la acumulación de sales. El suelo peruano tiene cerca de 300 mil hectáreas con esta problemática, una alternativa es la biorrecuperación, por ello, la investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas (estiércol de cuy y vaca) para la biorrecuperación del suelo salino. La investigación consistió en las siguientes etapas: Toma de muestras de suelo, construcción de la planta piloto, tratamiento de suelo salino, determinación de Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) y Relación de Absorción de Sodio (RAS) y el diseño de investigación fue el Bloques Completamente Aleatorio con dos repeticiones a los 30, 60, 90 días. Los resultados mostraron que el pH tuvo una mínima disminución de 8.05 hasta 7.3, la CE (Conductividad Eléctrica) logró disminuir hasta un 1.2 mmhos/cm y el PSI tuvo un porcentaje de 7% y un incremento en sus macronutrientes. En tal sentido la aplicación de enmiendas orgánicas de cuy y de vaca demostraron efectos positivos sobre el suelo salino, mostrando un efecto de biorrecuperación y mejora del suelo, obteniendo resultados favorables en las propiedades químicas y físicas del suelo.

Palabras Clave: Enmiendas, Biorrecuperación, Salinidad, Parámetros fisicoquímicos

Abstract

Soil salinity seriously affects world agriculture due to the outcrop and accumulation of salts. The Peruvian soil has about 300 thousand hectares with this problem, an alternative is biorecovery for this, the research aimed to determine the effect of the application of organic amendments (guinea pig and cow manure) for the biorecovery of saline soil. The investigation consisted of the following stages: Soil sampling, pilot plant construction, saline soil treatment, determination of Exchangeable Sodium Percentage (PSI) and Sodium Absorption Ratio (RAS) and the research design was the Completely Random Blocks with two repetitions at 30, 60, 90 days. The results showed that the pH had a minimal decrease from 8.05 to 7.3, the CE (Electrical Conductivity) managed to decrease up to 1.2 mmhos/cm and the PSI had a percentage of 7% and an increase in its macronutrients. In this sense, the application of organic amendments of guinea pig and cow showed positive effects on the saline soil, showing an effect of biorecovery and improvement of the soil, obtaining favorable results in the chemical and physical properties of the soil. **Keywords:** amendments, biorecovery, salinity, physicochemical parameters.

Keywords: Amendments, Biorecovery, Salinity, Physicochemical parameters.

1. Introducción

La salinización en los suelos es considerada uno de los problemas más graves para la agricultura a nivel mundial, presentando la acumulación de grandes cantidades de sales solubles, sodio intercambiable o ambos, de tal manera que afecta significativamente la productividad del suelo (Delgado & Robalino, 2017). Se estima que a nivel mundial existen aproximadamente 830 millones de hectáreas (ha) con problemas de salinización, lo que es equivalente a más del 6% del área total mundial y aproximadamente el 20% del área cultivable total. (Bandera, 2013), (Courel, 2019).

Un suelo salino se caracteriza generalmente como aquel en el que la conductividad eléctrica (CE) del extracto de saturación del suelo supera los 4 dS m^{-1} y tiene porcentaje de sodio intercambiable menor a 15% (Zamolinski, 2000), según menciona (Mata et al., 2014) estos valores influyen en la presión osmótica, con evidentes repercusiones sobre la vegetación, interfiriendo en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Las sales en el suelo se presentan como iones (formas de átomos o compuestos cargados eléctricamente), estos son liberados por la erosión de los minerales en el suelo o también se pueden aplicar a través del agua de riego dando como resultado la salinidad del suelo (Shrivastava & Kumar, 2015). La salinización afecta negativamente las funciones biológicas en los ecosistemas y causa la degradación del suelo y los recursos hídricos (Manzano et al., 2014), la acumulación de sales en el suelo provoca el aumento del pH y de la conductividad eléctrica (CE) del suelo causando deficiencias nutricionales y toxicidad por iones como el Na^+ por lo que en estos suelos la vegetación es escasa o nula (Simanca & Cuervo, 2018). Así mismo se reduce la infiltración de agua, los intercambios de gases, el crecimiento de las raíces (Bui, 2017). Según (Alves et al., 2018) se estima que el 15% de la superficie terrestre del planeta presenta degradación por erosión de suelo, física y química, incluida la salinización.

La salinidad del suelo puede ser de origen natural o antrópico, de forma natural la salinidad es más frecuente en regiones áridas y semiáridas, debido a la falta de precipitación y una elevada evapotranspiración, lo que causa la acumulación de sales en la superficie presentándose costras blancas (Flores et al., 2014); además de las condiciones climáticas adversas, se deben considerar otros factores como: agua subterránea salina, tierras bajas cercanas a las costas, pantanos y litorales así como en las áreas cercanas a minas y bóvedas salinas (Lamz & Gonzales, 2013). Por causa antropogénica se da principalmente por el uso excesivo de fertilizantes, el riego prolongado con aguas salinas, incorrectas prácticas agrícolas lo cual permite la movilidad de las sales dentro del suelo y el transporte de las mismas a nuevos sitios, agravando la productividad del suelo (Alves et al., 2018) (Mesa, 2003).

Rengasamy (2006) describe la distribución global de suelos salinos y sódicos en los diferentes continentes según el mapa de suelos del mundo de la FAO/UNESCO, según este informe en América del Sur existen 69.4 millones de hectáreas de suelo salino y 59.6 millones de hectáreas de suelos sódicos, haciendo un total de 129 millones de hectáreas de suelos con problemas de salinidad y sodicidad. En países como Argentina unas 13 millones de hectáreas se caracterizan por la presencia de sales, lo que la convierte en el tercer país, luego de Rusia y Australia, con mayor superficie de suelos afectados por sales (Courel, 2019). En Brasil, la desertificación a causa de la salinidad también representa un problema de degradación de suelos, donde el clima puede ser considerado semiárido, los riesgos de desertificación son eminentes (Coelho & Marcos Dos Santos, 2020).

La situación de salinización en el Perú se presenta mayormente en las regiones áridas costeras desde años de los 70 y 80, sin embargo, en la actualidad no se cuenta con información actualizada sobre la cantidad de suelos afectados por salinización, la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) estimó que hay cerca de 300 mil hectáreas con problemas de drenaje y salinización a lo amplio de la zona costera (Hurtado, 2019). Así mismo el Instituto Nacional de Desarrollo (INADE), afirma que desde los años 70 las costas del Perú contaban con un aproximado de 1 millón de hectáreas para riego, donde 750 mil hectáreas eran de cultivos, las cuales 300 mil hectáreas tienen problemas de salinidad (Moscol, 2018).

Actualmente, el tema de salinidad no es ajeno a la realidad nacional, este problema viene destacando en la costa peruana en zonas áridas y semiáridas, en lugares con periodos de sequía como en lugares templados, secos y trópicos secos. Se ha presentado ante el congreso del Perú el “Proyecto de Ley que declara de interés Nacional y Necesidad Pública la prevención de la Salinización del Suelo Agrícola”, que tiene por objeto proteger la seguridad alimentaria nacional, en este proyecto se menciona que uno de los temas relacionados a la salinidad es el mal manejo de drenaje (CONGRESO DE LA REPUBLICA DEL PERÚ, 2021). Por otra parte, no existe mucha información sobre salinidad

*Correspondencia de autor: Km 19 Carretera Central, Ñaña, Lurigancho, Lima 15, Perú

E-mail: katheryneaituma@upeu.edu.pe, sheyllanqui@upeu.edu.pe, Teléfono: +51 946159333

en lugares altoandinos del Perú, según información recopilada este problema se centra más en la zona costera especialmente en los valles del norte en donde predomina la siembra de arroz.

Uno de los métodos para disminuir la salinidad en los suelos es mediante la aplicación de materia orgánica, siendo este un factor clave ya que actúa sobre las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo (Molina et al., 2010). El empleo de materia orgánica como el estiércol llega a facilitar la regeneración de suelos salinos y sódicos así también se refleja un aumento de la actividad biológica aumentando directamente la disponibilidad de muchos nutrientes para las plantas, así como la velocidad de infiltración, la conductividad hidráulica y la retención de agua en tanto que la densidad aparente se disminuye (Sastre, Lobo, Beltrán, & Poggi, 2015). La conservación, así como la recuperación de suelos salinos son de gran importancia para la producción agrícola, es por ello que se han estudiado métodos físicos, químicos y biológicos (Mata et al., 2014). La presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto de enmiendas orgánicas (estiércol de vacuno y cuy) para la biorrecuperación del suelo salino en condiciones controladas en la zona rural de Cachipampa en el Distrito de San Pablo – Cusco, Perú 2021.

2. Materiales y Métodos

2.1 Lugar de Estudio

San Pablo es uno de los ocho distritos de la Provincia de Canchis, se encuentra ubicado en la región de la sierra y forma parte de la zona altoandina, presenta una altitud de 3486 m.s.n.m. y posee 524.06 Km² de superficie. La información digital sobre la comunidad de Cachipampa es limitada, sin embargo, por ser una comunidad de San Pablo presenta el mismo clima de su distrito. Según la estación meteorológica de Sicuani, ubicada a 3550 m.s.n.m., se considera un clima semifrío, oscila en una temperatura media máxima de 20.5°C y una media mínima mensual de 1.9 °C en los meses de junio y julio. El suelo de San Pablo tiene 1848.36 ha. que corresponden a superficie agrícola y 44100.03 ha. son señaladas como tierras no agrícolas; expresando en porcentajes tenemos que el 95.97 % es tierra no agrícola y solo un 4.03 % es tierra agrícola. Dentro de las tierras que se consideran aptas para en uso agrícola se distinguen 2 tipos: De riego, que representa el 25 % de la superficie agrícola y Secano, que abarca el 75 % de la superficie total agrícola. La comunidad de Cachipampa se ubica en el distrito de San Pablo, departamento de Cusco; con coordenadas de ubicación presentes en la Tabla 1. En la Figura 1 se muestra el mapa de ubicación del lugar de estudio, y en la Figura 2 se muestra una fotografía del suelo salino de Cachipampa, se observa costras blancas de sal en la superficie de suelo, que evidencia la presencia de sales y hace imposible su uso para actividades agropecuarias.

Tabla 1

Ubicación Geográfica del Distrito de San Pablo

	UTM
Coordenadas	250092.12 m E 8428656.50 m S
Altura	3466 m.s.n.m.

Fuente: Google Earth

*Correspondencia de autor: Km 19 Carretera Central, Ñaña, Lurigancho, Lima 15, Perú

E-mail: katheryneaituma@upeu.edu.pe, sheyllanqui@upeu.edu.pe, Teléfono: +51 946159333

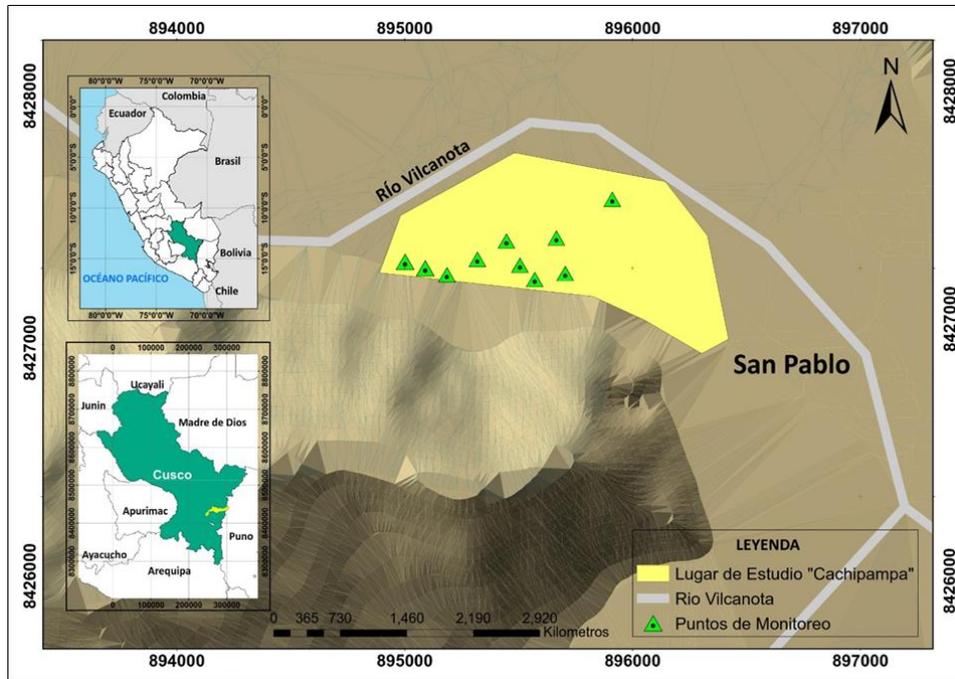


Figura 1. Ubicación del lugar de estudio.
Fuente: Elaborado por los autores de la investigación.



Figura 2. Superficie del suelo salino de Cachipampa.

2.2. Metodología

2.2.1. Toma de muestras de Suelo (Pre tratamiento)

Para la extracción de las muestras del suelo, se establecieron 10 puntos aleatorios siguiendo las especificaciones técnicas de la Guía para el muestreo de suelos D. S. N° 002-2013.MINAM (MINAM, 2014), considerando el método aleatorio simple, recomendaciones de la Guía Técnica para muestreo de suelos de (Mendoza & Espinoza, 2017), este método escoge puntos al azar que representan el área muestreada. Se realizó el muestreo a una profundidad de 20 cm con el objetivo de obtener una muestra compuesta significativa, extrayendo 10 submuestras de aproximadamente 2 kg de contenido cada una, en la Tabla 2 se describe la ubicación mediante coordenadas UTM de cada punto de muestreo. Finalmente, mediante la aplicación del método del cuarteo se separó la cantidad de un kilogramo de muestra de suelo, para realizar análisis fisicoquímicos: Potencial de hidrogeno (Ph), Conductividad eléctrica (CE), Materia Orgánica (MO), Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C), Humedad Equivalente (HE), Carbonatos (C), Densidad Real (DR) y Densidad Aparente (DA), en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco.

Tabla 2

Puntos de Extracción de Submuestras de Suelo

Punto	X UTM	Y UTM
1	247322.08	8428859.98
2	247411.23	8428833.73
3	247507.76	8428807.35
4	247639.07	8428878.46
5	247764.40	8428961.91
6	247826.57	8428857.99
7	247892.88	8428796.70
8	248025.74	8428826.69
9	247982.79	8428980.84
10	248223.83	8429156.25

Fuente: Elaborado por los autores de la investigación

2.2.2. Construcción de la Planta Piloto para el Tratamiento

La aplicación del tratamiento de suelo salino requirió de la construcción de una planta piloto, considerando la metodología que empleo (Suaña & Nina, 2019) en su investigación, la planta piloto que se encuentra ubicada en una vivienda aledaña a la zona de estudio, dicha vivienda cuenta con un espacio ventilado, sin techo con ingreso de rayos del sol a la superficie; condiciones necesarias para la preparación de la planta piloto. Dado que la construcción de la planta piloto y el tratamiento se realizó entre los meses de mayo a septiembre, considerados meses secos (precipitaciones bajas) las precipitaciones fluviales no influyeron para mantener el estiércol y realizar la mezcla para el tratamiento. Para la construcción se requirió de 20 recipientes de plástico con un volumen de 51 litros cada uno aproximadamente, con dimensiones de 61cm ancho, 42 cm largo y 20 cm profundidad, capaz de almacenar aproximadamente 25 Kg de sustrato. Cada recipiente fue revestido con poliuretano de alta densidad con poros en la base para la filtración del agua de riego, evitar la caída de sustrato y mantener la humedad.

Se recolecto sustrato de la zona de estudio, aproximadamente 200 Kg y se realizó su traslado a la planta piloto y se depositó sobre una manta para su secado. Después de haber realizado el secado del suelo al ambiente se procedió a tamizar por una malla de 2 mm de diámetro.

2.2.3. Tratamiento de Suelos Salinos

*Correspondencia de autor: Km 19 Carretera Central, Ñaña, Lurigancho, Lima 15, Perú

E-mail: katheryneaituma@upeu.edu.pe, sheyllanqui@upeu.edu.pe, Teléfono: +51 946159333

Se determinaron 4 tratamientos denominados T1, T2, T3 y T4 tal como se describe en la Tabla 3 para el tratamiento T1 (2kg estiércol de cuy) se establecieron los experimentos nominados con la siguiente codificación T1C1, T1C2, T1C3, T1C4 y T1C5, para el T2 (4kg de estiércol de cuy) se establecieron T2C1, T2C2, T2C3, T2C4 y T2C5, del mismo modo para el T3 (2kg de estiércol de vaca) se establecieron T3V1, T3V2, T3V3, T3V4 y T3V5, finalmente para el T4 (4kg estiércol de vaca) se nombraron: T4V1, T4V2, T4V3, T4V4 y T4V5. En cada experimento se implementó 10 kg de suelo salino, más la masa de enmienda orgánica según lo establecido en la Tabla 3, luego se homogenizó el sustrato con la cantidad de enmiendas orgánicas para cada experimento y se depositó en cada recipiente con su rotulación respectiva.

El tiempo total establecido para la recuperación de suelo salino fue de 90 días, sin embargo, se realizó una extracción de muestras a los 30, 60 y 90 días del tratamiento para evaluar el avance de recuperación de suelo salino. En el transcurso de los 90 días de tratamiento se implementó el riego con la cantidad de 1 litro de agua dos veces por semana con la finalidad de mantener la humedad del sustrato.

Tabla 3

Descripción del Tratamiento

Tratamiento	Experimento	Masa Suelo Salino	Tipo de Enmienda Orgánica	Masa de Enmienda	Tiempo de Extracción
T1	T1C1	10 Kg	Estiércol de Cuy	2 Kg	30 Días
	T1C2	10 kg	Estiércol de Cuy	2 Kg	30 Días
	T1C3	10 Kg	Estiércol de Cuy	2 Kg	60 Días
	T1C4	10 Kg	Estiércol de Cuy	2 Kg	90 Días
	T1C5	10 Kg	Estiércol de Cuy	2 Kg	90 Días
T2	T2C1	10 Kg	Estiércol de Cuy	4 Kg	30 Días
	T2C2	10 Kg	Estiércol de Cuy	4 Kg	30 Días
	T2C3	10 Kg	Estiércol de Cuy	4 Kg	60 Días
	T2C4	10 Kg	Estiércol de Cuy	4 Kg	90 Días
	T2C5	10 Kg	Estiércol de Cuy	4 Kg	90 Días
T3	T3V1	10 Kg	Estiércol de Vaca	2 Kg	30 Días
	T3V2	10 Kg	Estiércol de Vaca	2 Kg	30 Días
	T3V3	10 Kg	Estiércol de Vaca	2 Kg	60 Días
	T3V4	10 Kg	Estiércol de Vaca	2 Kg	90 Días
	T3V5	10 Kg	Estiércol de Vaca	2 Kg	90 Días
T4	T4V1	10 Kg	Estiércol de Vaca	4 Kg	30 Días
	T4V2	10 Kg	Estiércol de Vaca	4 Kg	30 Días
	T4V3	10 Kg	Estiércol de Vaca	4 Kg	60 Días
	T4V4	10 Kg	Estiércol de Vaca	4 Kg	90 Días
	T4V5	10 Kg	Estiércol de Vaca	4 Kg	90 Días

Fuente: Elaborado por los autores de la investigación

2.2.4. Determinación de Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) y Relación de Absorción de Sodio (RAS)

Para el cálculo del PSI y el RAS se debe considerar datos de Cationes asimilables o intercambiables tales como (Na⁺, Mg⁺, Ca⁺) (Hurtado, 2019). Se analizó los cationes asimilables a los 90 días de tratamiento para evaluar el mejoramiento de suelos salinos.

Se estimó el PSI mediante la fórmula matemática (Aguirre, 2009)

$$PSI = \frac{Na}{CIC} \times 100 \quad (1)$$

Se estimó la RAS mediante la fórmula matemática (Suaña & Nina, 2019)

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (2)$$

*Correspondencia de autor: Km 19 Carretera Central, Ñaña, Lurigancho, Lima 15, Perú

E-mail: katheryneaituma@upeu.edu.pe, sheyllanqui@upeu.edu.pe, Teléfono: +51 946159333

3. Resultados y Discusión

3.1. Tratamiento con Enmienda Orgánica de Cuy

En la tabla 4 se presenta los resultados de los análisis inicial y post tratamiento con sus respectivos parámetros y días de evaluación.

Tabla 4.

Evaluación del Suelo salino con enmienda orgánica de Cuy.

Parámetros	Análisis Inicial	Días de Evaluación									
		30	30	30	30	60	60	90	90	90	90
		T1C1	T1C2	T2C1	T2C2	T1C3	T2C3	T1C4	T1C5	T2C4	T2C5
pH	8.05	8.04	8.02	8.02	7.9	7.9	7.8	7.5	7.04	7.35	7.3
CE (mmhos/cm)	24.40	21	20	19.8	16.8	8.09	4.84	1.37	1.42	1.12	1.57
M.O (%)	0.40	13.6	11.9	15.2	15.5	17.1	19.2	14.6	18.1	13.1	19.2
Nitrógeno (%)	0.02	0.35	0.35	0.37	0.37	0.52	0.68	0.71	0.75	0.75	0.77
Fosforo (ppm P ₂ O ₅)	0.06	35.9	46.7	38.9	52.2	46.2	56.2	52.8	49.1	56.4	60.1
Potasio (ppm K ₂ O)	535.0	421.6	380	474	506.2	622.8	570.9	210.4	230	182.2	249.2
C.I.C (meq/100)	4.10	12.1	10.8	13	13.5	10.6	11.8	21.2	10.2	20.8	11.4
CC	8.74	40.29	36.5	44.25	45.08	43.96	44.66	49.55	43.86	51.9	43.61
H.E (%)	5.60	46.36	41.26	51.48	52.54	51.11	52	58.33	53.02	61.49	50.65
P.M.P (%)	4.71	21.75	19.61	23.88	24.33	23.73	24.1	26.74	23.67	28.05	23.53
Carbonatos (%)	36.4	19.2	17.8	20.6	19.8	7.8	6.6	4.16	2.9	3.92	3.6
d.a (g/cc)	1.792	1.69	1.71	1.67	1.65	1.68	1.67	1.52	1.55	1.53	1.42
d.r (g/cc)	2.341	2.11	2.21	2.12	2.11	2.21	2.15	2.06	2.27	2.08	2.25
Arena (%)	94	94	89	95	86	89	87	85	82	86	86
Limo (%)	4	5	5	4	4	9	8	8	13	10	8
Arcilla (%)	2	2	2	3	3	3	3	6	5	6	6

Fuente: Elaborado por los autores de la investigación

La tabla 4 describe los resultados obtenidos para las proporciones de 2 Kg y 4 Kg de enmienda de cuy más suelo salino durante 90 días de evaluación. El pH inicial de 8.05 de suelo salino previo al tratamiento indica índices bajos de precipitación y de lavado, presentando una alta concentración de sales y poco drenaje. Los resultados significativos del pH oscilan entre 7.04 y 7.3 indicando ser un pH neutro. Los tratamientos que resultaron ser más eficaces son los evaluados a los 90 días, tanto con enmiendas de 2 Kg y 4 Kg. Como se observa en la Figura 3 el pH disminuye mientras más días de tratamiento transcurre (Ramírez, 2016).

En cuanto a la conductividad eléctrica (C.E.) del suelo salino previo al tratamiento este presenta un resultado extremadamente alto de 24.40 mmhos/cm, esto disminuye el rendimiento del cultivo, sin embargo, luego de la aplicación de la enmienda orgánica se aprecia una mejora significativa registrando valores de 1.12 mmhos/cm a los 90 días perteneciente al tratamiento T2C4 con 4 Kg de enmienda de estiércol de cuy, representado la mayor reducción de concentración de sales solubles. La disminución de la C.E., resulta de las reacciones de precipitación de iones liberados por el aporte de nutrientes de enmiendas orgánicas, generando la liberación de nutrientes desde el suelo (Hirzel, 2012).

La concentración de materia orgánica (M.O.) del suelo salino previo al tratamiento fue de 0.40 %, luego de la incorporación de las enmiendas orgánicas se obtuvo incrementos significativos en todos los tratamientos sobre las concentraciones de M.O. a los 60 y 90 días los resultados oscilan entre 15 y 19% de M.O., siendo la más elevada la del tratamiento T2C3 y T2C5 con 19.2 % de M.O. el incremento brinda numerosos beneficios a la estructura del suelo debido a que forma complejos arcillo-húmicos. Según (Cuevas et al., 2012) los suelos con M.O. menor al 2 % representan un bajo contenido, entre 2 a 5 % un contenido medio, siendo el valor óptimo un valor mayor a 5 %. (Ramírez, 2016) menciona que la aplicación de enmiendas orgánicas en suelos salinos, genera un efecto de vital importancia porque incrementa la capacidad de M.O. en el suelo.

Por otro lado, la escasez de nutrientes en suelo salinos como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) limita su fertilidad (Casas & Galvan, 2019). El contenido de nitrógeno (N) inicial del suelo salino previo al tratamiento fue de un 0.02 %, conforme al análisis realizado después de aplicar las enmiendas orgánicas se muestra un resultado

*Correspondencia de autor: Km 19 Carretera Central, Ñaña, Lurigancho, Lima 15, Perú

E-mail: katheryneaituma@upeu.edu.pe, sheylallanqui@upeu.edu.pe, Teléfono: +51 946159333

significativo de 0.71%, 0.75%, 0.75% y 0.77% a los 90 días de evaluación. En cuanto al contenido de fósforo (P) inicial del suelo salino previo al tratamiento fue de 0.6 ppm P₂O₅, y a los 90 días de tratamiento se muestra un resultado muy significativo de 60.1 ppm P₂O₅, este parámetro coadyuva a que las raíces y la planta se desarrollen rápidamente, mejorando la eficiencia del uso de agua y acelerando la maduración. El potasio (K) inicial del suelo salino previo al tratamiento muestra una concentración de 535.0 ppm K₂O, luego de aplicar las enmiendas orgánicas tuvo un ligero aumento de 622.8 ppm K₂O.

Según (Flores, 2015) y (Walker & Bernal, 2008) se ha comprobado que la aplicación de enmiendas orgánicas a suelos salinos incrementa el contenido de materia orgánica, aumentando la proporción del nitrógeno, fósforo, potasio y en menor proporción el magnesio, sodio y azufre, entre otros esto es debido a que estos materiales orgánicos de origen animal o vegetal contienen numerosos elementos nutritivos. Flores et al., (2014), mencionan que el nitrógeno como forma orgánica es usado por las plantas, es parte de la materia orgánica del suelo y como tal contribuye favorablemente con nutrientes. (Casas & Galvan, 2019) encontraron que la aplicación de enmiendas proporciona una mayor fracción de materia orgánica en el suelo, la cual directamente incrementa el contenido de potasio en los suelos.

La Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) inicial del suelo salino previo al tratamiento fue de 4.10 meq/100, luego de la incorporación de las enmiendas orgánicas se obtuvieron 21.2 meq/100 y 20.8 meq/100 como los mayores valores luego de 90 días de iniciado el tratamiento. Por lo general, los suelos con alta C.I.C., son aquellos con altos contenidos de arcilla y/o materia orgánica. La elevada C.I.C. les brinda mayor capacidad para retener nutrientes, eso normalmente los hace más fértiles (INTAGRI, 2016).

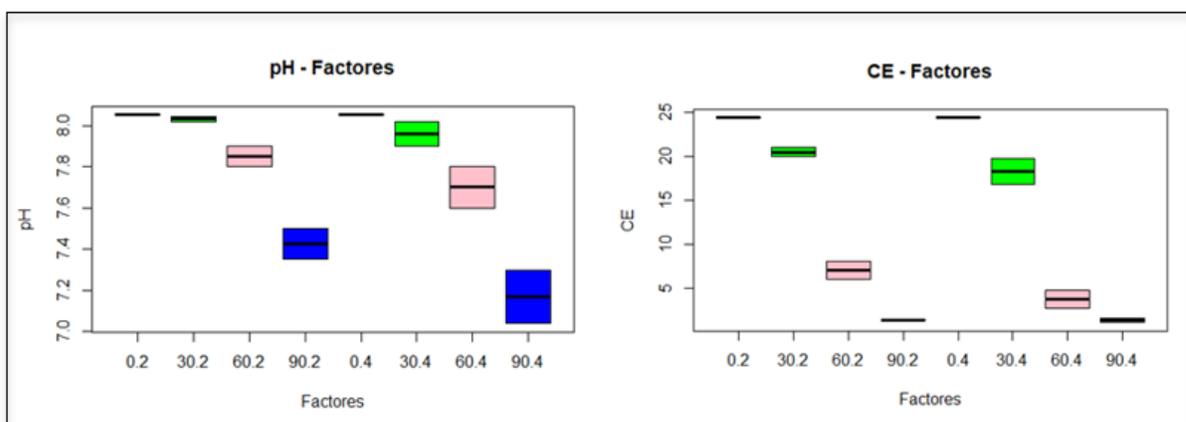


Figura 3. Efecto sobre las variables químicas pH, Conductividad eléctrica (CE) con la aplicación de enmiendas de Cuy

3.2. Tratamiento con Enmienda Orgánica de Vaca

Tabla 5.

Evaluación del Suelo salino con enmienda orgánica de Vaca.

Parámetros	Análisis Inicial	Días de Evaluación									
		30	30	30	30	60	60	90	90	90	90
		T3V1	T3V2	T4V1	T4V2	T3V3	T4V3	T3V4	T3V5	T4V4	T4V5
pH	8.05	8.08	8.02	8.04	8	8	7.45	7.2	7.45	7.05	7.1
CE (mmhos/cm)	24.4	21.7	20.1	18.1	17.1	8.44	3.68	1.53	1.51	1.24	1.75
M.O (%)	0.4	13.8	14.8	15.1	15.7	13.9	16.6	15.2	15.2	25.16	25.16
Nitrógeno (%)	0.02	0.27	0.74	0.66	0.78	0.61	0.75	0.69	0.72	0.76	0.78
Fosforo (ppm P ₂ O ₅)	0.06	36.9	51.9	41.9	44.2	46.2	48.9	57.9	46.4	74.9	74.9
Potasio (ppm K ₂ O)	535	174.4	236.9	233.6	258.2	390.6	440.9	717.8	882.9	717.8	882.9
C.I.C (meq/100)	4.1	12.6	12.2	11.3	12.4	10.8	12.9	16.4	13.1	25.1	12.8
CC%	8.74	44.84	44.02	41.52	47.3	48.98	41.71	42.57	48.36	66.2	47.68
H.E (%)	5.6	42.24	51.18	47.95	55.42	48.19	49.31	57.59	56.78	79.83	55.91

*Correspondencia de autor: Km 19 Carretera Central, Ñaña, Lurigancho, Lima 15, Perú

E-mail: katheryneaituma@upeu.edu.pe, sheyllanqui@upeu.edu.pe, Teléfono: +51 946159333

P.M.P (%)	4.71	24.2	23.76	22.41	25.53	26.43	22.97	22.97	26.1	35.72	25.73
Carbonatos (%)	36.4	21	20.4	21.8	20.7	3.58	3.9	3.8	2.6	3.3	2.72
d.a (g/cc)	1.79	1.64	1.67	1.68	1.65	1.54	1.51	1.50	1.52	1.49	1.49
d.r (g/cc)	2.34	2.29	2.12	2.29	2.12	2.13	2.13	2.09	2.26	1.98	2.25
Arena (%)	94	85	86	86	81	96	92	82	80	89	85
Limo (%)	4	3	3	7	9	7	8	10	5	12	12
Arcilla (%)	2	1	1	1	1	5	5	6	5	6	7

Fuente: Elaborado por los autores de la investigación

La tabla 5 describe los resultados obtenidos para las proporciones de 2 Kg y 4 Kg de enmienda de vaca más suelo salino durante 90 días de evaluación. El valor del pH en la muestra inicial del suelo salino previo al tratamiento es de 8.05 considerado significativamente alto, el resultado inicial de Conductividad Eléctrica (C.E.) es de 24.4 mmhos/cm, según estos 2 parámetros podemos clasificar el suelo como un suelo salino según El USDA (United States Department of Agriculture) define a los suelos salinos como aquellos que presentan concentraciones de pH que oscilan entre 7.0 a 8.5 y una conductividad eléctrica $> 4 \text{ dS m}^{-1}$ (Bandera, 2013). Con una proporción de 2 Kg de estiércol vacuno (correspondiente a los tratamientos T3V1, T3V2, T3V3, T3V4 y T3V5) se muestra que el pH se redujo hasta valores de 7.2 y 7.45 y con 4 Kg de estiércol vacuno se obtuvieron valores mínimos de 7.05 y 7.1 en los experimentos T4V4 y T4V5 a los 90 días, tal como se muestra en la Figura 4; del mismo modo autores como (Suaña & Nina, 2019) obtuvieron resultados de disminución de pH de 10.13 a 9.71 con tratamientos de estiércol de vaca siendo este el más eficiente en comparación a otros tipos de enmiendas.

Todos los tratamientos mostraron tendencia a disminuir la Conductividad Eléctrica (C.E.) se observa una disminución progresiva a lo largo del periodo de tratamiento, a los 30 días el valor de C.E. logro reducirse a 17.1 mmhos/cm en el experimento T4V2 (4 Kg de enmienda) siendo este el menor valor obtenido a los 30 días, a los 60 días se redujo a un valor de 3.68 mmhos/cm del experimento T4V3, se observa una reducción significativa a los 90 días de tratamiento llegando a alcanzar valores de 1.24 mmhos/cm y 1.75 mmhos/cm en los experimentos T4V4 y T4V5, registrando una diferencia de 23.16 mmhos/cm entre el valor inicial de C.E. y el valor final de los 90 días. Manzano et al. (2014) en su investigación reportan resultados favorables con la aplicación de estiércol reduciendo la C.E. de 22 dS m^{-1} hasta 3 dS m^{-1} , resaltando que valores por debajo de 4 dS m^{-1} son viables para la mayoría de suelos y cultivos.

Los tratamientos con estiércol de vaca originaron un incremento significativo en los valores de la Materia Orgánica (M.O.), los resultados pre tratamiento presenta un 0.4% de M.O., se observa a un incremento progresivo a lo largo del tratamiento, a los 30 días hubo un incremento hasta llegar a 15.7 % de M.O., a los 60 días el porcentaje registra 16.6 % y a los 90 días se observa un aumento significativo de M.O., con valores de 25.16 %, según menciona (Mederos et al., 2010) con la incorporación de este tipo de enmiendas al suelo se obtiene un incremento de M.O. que mejora el estado nutricional de suelo y su calidad.

En caso de los nutrientes en el suelo como el N, P y K se observa un incremento, para Nitrógeno (N) el tratamiento inicia con un valor de 0.02 % y aumenta hasta 0.78 % al terminar el tratamiento, según menciona (E. Flores et al., 2014) el nitrógeno forma parte de la materia orgánica del suelo y como tal contribuye favorablemente con nutrientes, por tal motivo el aumento de Nitrógeno en los tratamientos es favorable para mejorar la calidad del suelo. Por otro lado, el Fosforo (P) llega a alcanzar hasta 74.9 ppm P_2O_5 de un valor inicial de 0.06 ppm P_2O_5 . Según (Beltrán et al., 2019) después del Nitrógeno, el Fosforo es el segundo nutriente más importante para la nutrición vegetal, pero a diferencia del Ni está menos disponible en el suelo, por su parte (Vázquez et al., 2020) manifiestan que la cantidad de pH influye para la disponibilidad de fosforo, es decir un suelo con aumento de pH disminuye la concentración de fosforo en el suelo; en los 90 días de tratamiento el pH disminuyo significativa mente generando que la concentración de fosforo se incrementara en el tiempo de tratamiento.

El análisis del C.I.C. (Capacidad de Intercambio Catiónico) permite conocer capacidad que tiene una solución de suelo para retener y liberar iones (carga+) (Hurtado, 2019), el análisis inicial previo al tratamiento muestra un valor de 4.1 meq/100, según se menciona en la investigación de (Hanco Olivera, 2017) un suelo con bajos valores de C.I.C. es un indicador del suelo con baja capacidad de retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica. El C.I.C. aumento progresivamente a lo largo de los 90 días de tratamiento, llegando a alcanzar valores de 16.4 meq/100 en el T3V4 (2 Kg a los 90 días) y 25.1 meq/100 en el T4V4 (4 Kg de estiércol), mostrando que el incremento del estiércol vacuno al suelo salino, enriquece al suelo de nutrientes y materia orgánica, (García, 2016)

*Correspondencia de autor: Km 19 Carretera Central, Ñaña, Lurigancho, Lima 15, Perú

E-mail: katheryneaituma@upeu.edu.pe, sheyllanqui@upeu.edu.pe, Teléfono: +51 946159333

menciona que el C.I.C. produce liberación de nutrientes y reduce la biodisponibilidad de compuestos tóxicos y en aspecto biológico actúa como fuente de energía y nutrientes para los microorganismos del suelo.

Para ambas enmiendas la textura del suelo se mantuvo con un porcentaje mayor de arena durante el periodo total del tratamiento, a diferencia de una textura limo o arcillosa, la textura tiene una influencia significativa en la capacidad de retención de agua, nutrientes y erosión, estudios demuestran que la textura del suelo tiene una estrecha relación con el contenido de sal y el pH (Liu et al., 2022). Para el estudio de suelos afectados por salinización se tiene como indicadores tres parámetros, los cuales son: conductividad eléctrica (CE), porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y potencial de hidrógeno (pH), de los cuales la CE indica los niveles de sales acumulados en los suelos, el PSI es el índice utilizado para conocer el porcentaje de sodicidad en un suelo y el pH es indicador de la neutralización de un suelo (Pinchao, 2013). Por ello para los tratamientos con enmiendas orgánicas de cuy y vaca los parámetros: Capacidad de Campo (CC), Humedad Equivalente (HE), Punto de Marchitez Permanente (PMP), Carbonatos, Densidad aparente (d.a), Densidad real (d.r), Arena, Limo y Arcilla; no se hace mención por ser parámetros de poca significancia, según menciona (Zotarelli et al., 2013) son parámetros hídricos del suelo que evalúan la cantidad y a almacenamiento de agua que puede ser retenido en el suelo.

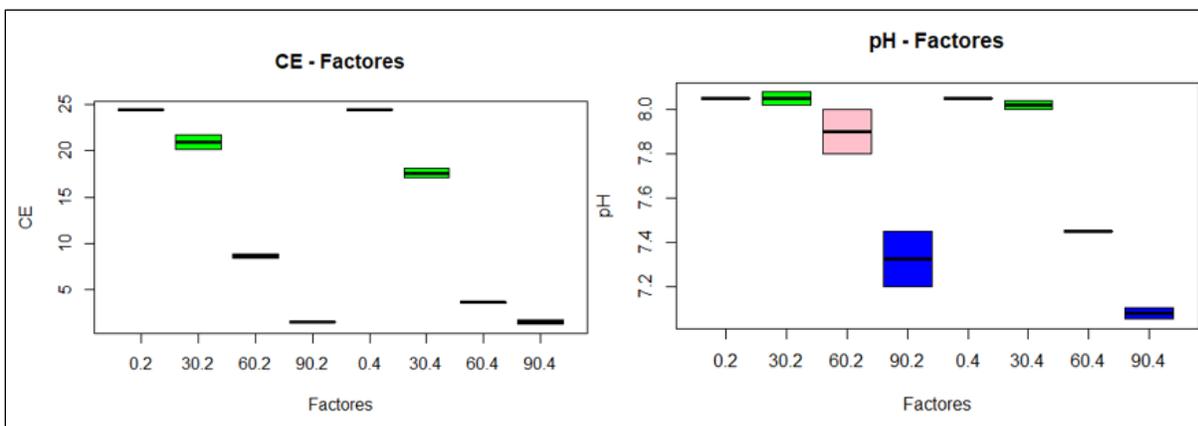


Figura 4. Efecto sobre las variables químicas pH, Conductividad eléctrica (CE) con la aplicación de enmiendas de Vaca

3.3 Determinación del PSI Y RAS

Tabla 6.

Evaluación del PSI y RAS

TRATAMIENTO	T1C4 (2kg)	T1C5 (2kg)	T2C4 (2kg)	T2C5 (2kg)	T3V4 (4kg)	T3V5 (4kg)	T4V4 (4kg)	T4V5 (4kg)
PSI	7.8	13.5	8.5	13.9	11.2	11.7	7.0	13.4
RAS	2.1	2.1	2.2	2.4	2.3	2.3	2.3	2.5

El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) expresa el porcentaje de Na⁺ (Sodio) con respecto a los demás cationes adsorbidos, un suelo puede sufrir problemas de sodificación, salinidad y dispersión de la arcilla cuando el PSI > 15% (Pastor, Martínez, & Rivas, 2015). En la tabla 6 se observan los valores de los cationes analizados del suelo a los 90 días de tratamiento, el PSI y RAS calculado. Se obtuvieron valores mínimos significativas en el PSI, siendo T4V4 (enmienda con estiércol de vaca) el valor mínimo con un porcentaje de 7% de PSI, los otros valores oscilan entre 7 a 13%, ello se debe a que la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) se redujo a lo largo del tratamiento lo que causa que baje la capacidad del suelo para retener cationes, en especial los

*Correspondencia de autor: Km 19 Carretera Central, Ñaña, Lurigancho, Lima 15, Perú

E-mail: katheryneaituma@upeu.edu.pe, sheyllanqui@upeu.edu.pe, Teléfono: +51 946159333

de sodio (Ramirez, 2016). Así mismo (Suaña & Nina, 2019) obtuvieron resultados mínimos de PSI con casi el 50% de reducción con aplicación de enmiendas orgánicas de cuy y vaca.

Resulta importante la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) para conocer la proporción de sodio en función del calcio y magnesio (Aguirre, 2009), Los suelos que tienen valores de RAS de 13 o más pueden caracterizarse por una mayor dispersión de materia orgánica y partículas de arcilla, conductividad hidráulica saturada aireación reducidas, y una degradación general de la estructura del suelo (USDA, 2017). En los valores de RAS obtenidos de la presente investigación se observa que oscilan entre 2.1% hasta 2.5%,

Para cada capa de suelo, este atributo en realidad se registra como tres valores separados en la base de datos. Un valor bajo y un valor alto indican el rango de este atributo para el componente del suelo. Un valor "representativo" indica el valor esperado de este atributo para el componente. Para esta propiedad del suelo, solo se utiliza el valor representativo.

4. CONCLUSIONES

La incorporación de enmiendas orgánicas de cuy en el suelo salino demostró eficiencia en la biorrecuperación del suelo a lo largo del tratamiento (90 días), reduciendo el pH y la CE (Conductividad Eléctrica), mejorando las características fisicoquímicas del suelo y aumentando la disponibilidad de nutrientes y materia orgánica.

Del mismo modo, la incorporación de enmiendas orgánicas de vaca en el suelo salino mostró eficiencia en los resultados finales, se redujo el pH y la CE, considerados indicadores primordiales de suelos salinos, llevando al suelo a tener parámetros favorables en condiciones de un suelo normal.

El tiempo y dosis de enmiendas influyen de manera importante en el tratamiento, se observan mejores resultados con la aplicación de 4kg de enmiendas a los 90 días, cuanto más tiempo dure el tratamiento o cuanto mayor sea la dosis de aplicación de enmienda, se obtendrán resultados más favorables.

Por otro lado, los resultados de PSI y RAS con la aplicación de enmiendas de cuy y de vaca fueron favorables a los 90 días de tratamiento, se obtuvo resultados por debajo del 15% (PSI), disminuyendo el contenido de sodio intercambiable del suelo y valores menores a 13% (RAS), indicando mejora en la estructura del suelo.

La aplicación de enmiendas orgánicas de cuy al suelo salino, obtuvo mejores resultados en cuanto a la disminución del pH y la CE (Conductividad Eléctrica), sin embargo, la aplicación de enmiendas orgánicas de vaca al suelo salino, generó un incremento mayor de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes en el suelo, a diferencia de las enmiendas de cuy.

5. Referencias

- Aguirre, A. (2009). *El manejo de la Conductividad Eléctrica en el Riego*. Retrieved from <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/344>
- Alves, M., Galvão dos Santos, M., Gomes, B., Guimarães, A., Freire, F., & Medeiros, L. (2018). Improvement of degraded physical attributes of a saline-sodic soil as influenced by phytoremediation and soil conditioners. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(9), 1207–1221. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1419195>
- Bandera, R. (2013). *Rehabilitación de suelos salino-sódicos: evaluación de enmiendas y de especies forrajeras*. 56. Retrieved from <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2013banderaramiro.pdf%0Ahttp://hdl.handle.net/20.500.12123/5880>
- Beltrán, F. A., Nieto, A., Murillo, J. S. A., Ruiz, F. H., Troyo, E., Alcalá, J. A., & Murillo, B. (2019). *Correspondencia de autor: Km 19 Carretera Central, Ñaña, Lurigancho, Lima 15, Perú
E-mail: katheryneaituma@upeu.edu.pe, sheylallanqui@upeu.edu.pe, Teléfono: +51 946159333

- Contenido inorgánico de nitrógeno, fósforo y potasio de abonos de origen natural para su uso en agricultura orgánica. *Revista Terra Latinoamericana*, 37(4), 371–378.
<https://doi.org/10.28940/terra.v37i4.520>
- Bui, E. N. (2017). Causes of Soil Salinization, Sodification, and Alkalinization. *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*, (September 2017).
<https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.264>
- 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*. Retrieved from
 papers2://publication/uuid/45D7E632-B571-4218-9E47-8B4457FEA9D3
- Coelho, F., & Marcos dos Santos, A. (2020). Salinity of the Soil and the Risk of Desertification in the Semiarid Region. *Mercator*, 19(1), 1–13. <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19002>
- Courel, G. (2019). Guia de estudio. Suelos Salinos y Sódicos. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. Retrieved from file:///C:/Users/User/Downloads/Suelos Salinos y sódicos 2019 (2).pdf
- Delgado, J., & Robalino, J. (2017). *Aplicacion (invitrio) de consorcio de microorganismos y Azolla caroliniana para recuperacion de suelos salinos en muestras del sitio Correa-gua-Manabi*. Retrieved from <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/604>
- Flores, E., Torrez, J., & Flores, J. (2014). *Recuperación de suelos salinos con la incorporación de sulfato de calcio hemidrato (Ca(SO₄)1/2H₂O) en la comunidad de Yotala*. 1(1), 37–58. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4883717>
- Flores, L. (2015). *Efecto de las enmiendas orgánicas TERRAMAR®, HUMAX® 90 Y KORIPACHA – BIO®, sobre algunas propiedades del suelo y el rendimiento del cultivo de rabanito (Raphanus sativus L.) en el distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas*. 92. Retrieved from <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/39>
- García, C. (2016). *Enmiendas Organicas para Suelos basadas en residuos Organicos*. Retrieved from <https://www.um.es/acc/wp-content/uploads/Carlos-Garcia-Izquierdo.pdf>
- Hanco Olivera, C. (2017). Desalinización con Beterraga(Beta vulgaris L.) asociada al vermicompost y cal agrícola para el mejoramiento de la calidad del suelo, Cañete, 2017. *Universidad César Vallejo*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12692/3539>
- Hirzel, J. (2012). Uso de enmiendas orgánicas como fuente de fertilización en cultivos. In *Técnicas de conservación de suelos, agua y vegetación en territorios degradados Capítulo* (pp. 69–93). Retrieved from <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/8593>
- 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*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12840/1791>
- INTAGRI, S. C. (2016). *La Salinidad de los Suelos, un Problema que Amenaza su Fertilidad*.
- Lamz, A. L., & Gonzales, M. (2013). La Salinidad como Problema en la Agricultura: La Mejora Vegetal una Solucion Inmediata. *Cultivos Tropicales*, 31(4), 76–81. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000400005&lng=es&tlng=es.
- Liu, W., Ma, L., Smanov, Z., Samarkhanov, K., & Abuduwaili, J. (2022). Clarifying Soil Texture and Salinity Using Local Spatial Statistics (Getis-Ord Gi* and Moran’s I) in Kazakh–Uzbekistan

*Correspondencia de autor: Km 19 Carretera Central, Ñaña, Lurigancho, Lima 15, Perú

E-mail: katheryneaituma@upeu.edu.pe, sheyllanqui@upeu.edu.pe, Teléfono: +51 946159333

- Border Area, Central Asia. *Agronomy*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy12020332>
- Manzano, J., Rivera, P., Briones, F., & Zamora, C. (2014). Rehabilitación De Suelos Salino-Sódicos: Estudio De Caso En El Distrito De Riego 086, Jiménez, Tamaulipas, México. *Terra Latinoamericana*, 32(3), 211–219. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792014000300211&lng=es&tlng=es.
- Mata, I., Rodríguez, M. L., López, J., & Vela, G. (2014). Dinámica de la salinidad en los suelos. *Revista Digital Del Departamento El Hombre y Su Ambiente*, 1(5), 26–35. Retrieved from http://cbs1.xoc.uam.mx/e_bios/docs/2014/05_SALINIDAD_EN_SUELOS_ESPANOL.pdf
- Mederos, M., Orellana, R., Bastida, F., Hernández, M. T., & García, C. (2010). *Efectos de la aplicación de materia orgánica en la actividad de los suelos degradados por salinidad*. 1–29. Retrieved from <https://docplayer.es/89850178-Efectos-de-la-aplicacion-de-materia-organica-en-la-actividad-de-los-suelos-degradados-por-salinidad.html>
- Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para muestreo de suelos. *Universidad Nacional Agraria*, 1–56. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/151729876.pdf%0Ahttp://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- Mesa, D. (2003). Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(3), 217–226. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193018048001>
- Moscol, A. (2018). Eficacia del Bacillus Subtilis para reducir la Salinidad de los Suelos del Centro Poblado de Quepepampa, Huaral. Retrieved from <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32303><http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32303>
- Pastor, J., Martínez, A., & Rivas, W. (2015). Degradation of Agricultural Soils in Paraguana Peninsula, Venezuela. *Suelos Ecuatoriales*, 44(1), 22–28.
- Pinchao, J. S. (2013). *Estimación del potencial productivo del suelo (PPS) en un cultivo de maíz (Zea mays) afectado por salinidad en dos municipios del Valle del Cauca*. Retrieved from http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7752/1/TESIS_PPS_y_SALINIDAD.pdf
- Ramirez, P. (2016). *Condiciones de Salinidad y Recuperación de los Suelos de la Cancha Pública de Golf - San Bartolo, Lima*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2482>
- Rengasamy, P. (2006). World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1017–1023. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj108>
- Sastre, I., Lobo, C. M., Beltrán, I. R., & Poggi, H. M. (2015). Remediation of saline soils by a two-step process: Washing and amendment with sludge. *Geoderma*, 247–248, 140. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.12.002>
- Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(2), 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001>
- Simanca, R. M., & Cuervo, J. L. (2018). Efecto de enmiendas orgánicas y azufre en propiedades químicas y biológicas de un suelo sódico. *Spanish Journal of Soil Science*, 8(3), 347–362. <https://doi.org/10.3232/SJSS.2018.V8.N3.04>

*Correspondencia de autor: Km 19 Carretera Central, Ñaña, Lurigancho, Lima 15, Perú

E-mail: katheryneaimituma@upeu.edu.pe, sheylallanqui@upeu.edu.pe, Teléfono: +51 946159333

- 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, 2019*. Retrieved from papers2://publication/uuid/45D7E632-B571-4218-9E47-8B4457FEA9D3
- USDA, N. (2017). Sodium Adsorption Ratio (SAR). *United States Department of Agriculture*, 13–14.
- Vázquez, J., Alvarez, M., Iglesias, S., & Castillo, J. (2020). La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria*, *11*(1), 105–112. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.12>
- Walker, D. J., & Bernal, M. P. (2008). The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Bioresource Technology*, *99*(2), 396–403. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2006.12.006>
- Zamolinski, A. F. (2000). Experiencias en recuperación de suelos salinizados. *Pulicacion Tecnica Del INTA*, *31*, 1–7. Retrieved from http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/suelos_salinos/35-salinizados.pdf
- Zotarelli, L., Dukes, M. D., & Morgan, K. T. (2013). Interpretación del contenido de la humedad del suelo para determinar capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad. *Edis*, *2013*(2), 1–4. <https://doi.org/10.32473/edis-ae496-2013>

6. Anexos

Anexo 1. Suelo salino de Cachipampa.



Anexo 2. Estructura de los recipientes para el tratamiento.



Anexo 3. Sustrato extraído del área de estudio.



Anexo 4. Pesado de Materia Orgánica (estiércol) para el tratamiento.

