

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



**Recuperación de suelos salinos mediante mejoradores
orgánicos de estiércol de cuy y vacuno en zona infértil costera
peruana**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Lesli Luz Taipe Muñoz
Esau Abinadad Huamani Bailon

Asesor:

Magister Joel Hugo Fernandez Rojas

Lima, setiembre 2024

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

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

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS MEDIANTE MEJORADORES ORGÁNICOS DE ESTIÉRCOL DE CUY Y VACUNO EN ZONA INFÉRTIL COSTERA PERUANA”** de los autores Lesli Luz Taipe Muñoz, Esau Abinadad Huamani Bailon, 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 Lima, a los 15 días del mes de setiembre del año 2024.



Joel Hugo Fernandez Rojas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a 21 día(s) del mes de mayo del año 2024 siendo las 2:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mg. Jackson Edgardo Pérez Caspio, el (la) secretario(a): Ing. Orlando Alan Poma Porras

y los demás miembros: Ing. Cesar Asbel Aranda Castillo
Mg. Hilda Amparo Cruz Huacanga y el (la) asesor(a) Mg. Joel Hugo Fernández
Rejos

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:
"Resuperación de suelos salinos mediante mejoradores orgánicos de
catiónicos de cuy y Uaruna en zona infértil costera Pavana"

del(los) bachiller(es): a) Esau Abinadad Huamani Bailon
b) Lesli Luz Taipei Muñoz

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): Esau Abinadad Huamani Bailon

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Bachiller (b): Lesli Luz Taipei Muñoz

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>18</u>	<u>A-</u>	<u>Muy bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	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.

Presidente/a



Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

* Esta sustentación fue realizada de manera virtual u online sincrónica según
conforme al Reglamento General de Grados y Títulos.

ÍNDICE

1. Título	5
2. Resumen	5
3. Palabras clave	6
4. Introducción	6
5. Metodología.....	7
5.1. Delimitación del área de estudio.....	7
5.2. Instalación de tratamientos e incorporación de mejoradores orgánicos...	7
5.3. Análisis fisicoquímico	8
5.4. Análisis estadístico	9
6. Resultados	9
6.1. Caracterización del sustrato	9
6.2. Análisis de resultados obtenidos en los tratamientos	10
6.2.1. Potencial de hidrógeno	11
6.2.2. Conductividad eléctrica (C.E.)	13
6.2.3. Porcentaje de Sodio Intercambiable (P.S.I.).....	14
6.2.4. Materia Orgánica (M.O.).....	15
6.2.5. Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.)	17
6.2.6. Nitrógeno, Fósforo, Potasio (N.P.K) y Calcio (Ca).....	18
6.2.6.1. Nitrógeno	18
6.2.6.2. Fósforo (P).....	20
6.2.6.3. Potasio (K).....	21
6.2.7. Calcio (C).....	22
6.2.8. Carbonatos de Calcio (CaCO_3)	23
6.2.9. Magnesio (Mg)	24
6.2.10. Ion de Potasio (K^+).....	25
6.2.11. Sodio (Na)	26
7. Conclusiones	28
8. Referencias bibliográficas.....	29
9. Anexos	31
9.1 Sumisión del artículo	31
9.2 Resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis	32
9.3 Resolución de modificación del perfil de proyecto de tesis	33

1. Título

Recuperación de suelos salinos mediante mejoradores orgánicos de estiércol de cuy y vacuno en zona infértil costera peruana.

Recovery of saline soils through organic improvers of guinea pig and cattle manure in an infertile Peruvian coastal area.

2. Resumen

Los suelos afectados por la salinidad se consideran un grave problema a nivel mundial, que afecta negativamente a la fertilidad del suelo, la salud ambiental y la economía. La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de mejoradores orgánicos (estiércol de cuy y vacuno) en la recuperación de suelos salinos, para ello se aplicó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones evaluados a los 0, 30, 60 y 90 días por tratamiento. Se implementaron 4 tratamientos, siendo uno de ellos testigo, distribuidos de la siguiente forma: (T1) suelo salino con 75% estiércol de cuy y 25 % estiércol de vacuno, (T2) suelo salino con 75% estiércol de vacuno y 25 % estiércol de cuy, (T3) suelo salino con 50 % estiércol de cuy y 50 % estiércol de vacuno y el (T4) testigo. Los resultados mostraron que el T1 tuvo más efecto significativo en los parámetros influyentes de la salinidad como el pH (7.53), conductividad eléctrica CE (20.13 dS/m) y porcentaje de sodio intercambiable PSI (2.07%). Respecto a los días se observa un mejor resultado a los 90 días. Asimismo, se hizo la comparación con la clasificación de suelos afectados por salinidad de la FAO y USDA mostrándose reducción del pH, CE y PSI. Se concluye que los mejoradores orgánicos muestran un efecto positivo en la restauración de los parámetros fisicoquímicos del suelo salino.

Soils affected by salinity are considered a serious problem worldwide, which negatively affects soil fertility, environmental health and the economy. The objective of the research was to evaluate the effect of organic improvers (guinea pig and cow manure) in the recovery of saline soils, which consisted of three stages: delimitation of the study area and soil sampling, installation of treatments and incorporation of organic improvers, statistical analysis of the results obtained through a completely randomized block design (DBCA) with three replications at 0, 30, 60 and 90 days per treatment. Four treatments were implemented, one of them being a control, distributed as follows: (T1) saline soil with 75% guinea pig manure and 25% cattle manure, (T2) saline soil with 75% cattle manure and 25% guinea pig manure, (T3) saline soil with 50% guinea pig manure and 50% cattle manure. The results showed that T1 had a more significant effect, due to the parameters that influenced such as pH (7.53), electrical conductivity EC (20.13 dS/m) and percentage of exchangeable sodium PSI (2.07%). With respect to the days, a better result was observed at 90 days. Likewise, a comparison was made with the FAO and USDA classification of soils affected by salinity, showing a reduction in pH, EC and PSI. It is concluded that the organic improvers show a positive effect in reestablishing the physicochemical equilibrium for a better.

3. Palabras clave

Salinidad, enmiendas orgánicas, cuyaza, vacaza.

Saline soils, organic improver, manure, guinea pigs, cattle.

4. Introducción

A nivel mundial se estima que 833 millones de hectáreas tienen problemas de salinidad y sodicidad en el suelo, lo que corresponde al 8.7% total de la superficie del planeta, que ocasiona la pérdida de fertilidad y empobrecimiento del suelo (FAO, 2021). No obstante, el Mapa mundial de los suelos afectados por salinidad presentada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, indica que aproximadamente entre 20% y 50% de suelos destinados a la agricultura son extremadamente salinos.

La salinidad, se debe a dos factores: naturalmente por la geología y clima de la zona; y acciones antropogénicas, es decir, causado por el hombre debido al mal manejo de los suelos (United States Department of Agriculture, 2017).

Según (Lisboa et al., 2023), los suelos salinos se caracterizan por la acumulación de sales, lo que repercute negativamente en sus propiedades químicas y físicas, así como en el desarrollo de las raíces de las plantas, afectando su crecimiento y productividad. La presencia de sales en el suelo puede determinarse mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos como el pH (<8.5), el porcentaje de sodio intercambiable (<15%) y la conductividad eléctrica (>4 dS/m).

En el Perú existen alrededor de 306,000 hectáreas de suelos afectados por la salinidad (MINAGRI & SENAMHI, 2017), factor limitante para el desarrollo de proyectos agrícolas, debido que al perder la fertilidad del suelo se limita su capacidad para sustentar la vida vegetal, teniendo un impacto negativo en la actividad agrícola, forestal, y el equilibrio ambiental (Oumuto et al., 2021).

Las regiones costeras con cuencas endorreicas tienden a acumular sales con el tiempo, especialmente cuando se combinan con prácticas deficientes de riego y drenaje, escasas precipitaciones y problemas de infiltración, lo que aumenta la probabilidad de formación de suelos salinos (Gledis, 2023)

Los elevados precios de productos químicos y tecnologías de riego han generado el desarrollo de nuevas técnicas amigables con el medio ambiente, por lo tanto, la recuperación mediante mejoradores orgánicos representa una alternativa sustentable y de bajo costo para la recuperación de suelos afectados por salinidad (Casas et al., 2019).

Al aplicar los mejoradores orgánicos se logra reducir de manera significativa la concentración de sales solubles, restableciendo el equilibrio químico esencial para una mejor fertilidad; incrementando la porosidad del suelo, favoreciendo el

desarrollo de la microbiota del suelo que permitirá la mejora e incremento del ciclo de los nutrientes (Aimituma et al., 2023).

Actualmente, se han desarrollado investigaciones sobre el impacto favorable de los mejoradores orgánicos para recuperar suelos afectados por salinidad. Por lo tanto, se planteó los siguientes objetivos: Determinar los parámetros fisicoquímicos (CE, pH, PSI, MO, N, P, K, CaCO₃, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, CIC, textura) de los suelos salinos empleando mejoradores orgánicos de estiércol de cuy y vacuno; evaluar el efecto de reducción de los parámetros de salinidad (CE, pH, PSI) de los suelos comparando Clasificación de suelos afectados por salinidad de la (FAO, 2021) y (Oumuto et al., 2021).

5. Metodología

5.1. Delimitación del área de estudio

Para la toma de muestras se utilizó las pautas técnicas mencionadas en la Guía para muestreo de suelos (MINAM, 2014) y recomendaciones de la Guía técnica para muestreo de suelos (Mendoza & Espinoza, 2017) que facultó determinar el método y puntos de muestreo.

- Mediante el muestreo aleatorio, se extrajeron 9 muestras de suelos a una profundidad de 30 cm con la finalidad de obtener una muestra significativa.
- Posteriormente se realizó el cuarteo y se obtuvo la muestra representativa para análisis respectivo.
- Finalmente, se tomaron 81 kg de suelo de los 9 puntos de muestreo, del cual 1 kg fue utilizado para los análisis de caracterización.

5.2. Instalación de tratamientos e incorporación de mejoradores orgánicos

- a. Se utilizaron 4 cajones de plástico con medidas de 61 cm largo, 41 cm de ancho y 22 cm de alto, con capacidad de almacenar 40 Kg de sustrato. Seguidamente cada envase será recubierto con láminas geosintéticas de alta densidad con agujeros en la base para la filtración del agua de riego, esto ayudará a eludir la caída de sustrato y conservar la humedad.
- b. Se determinaron 4 tratamientos designados **T1, T2, T3 y T4**; la distribución fue la siguiente: **(T1)** 20 kg de suelo salino + 10 kg de mejorador orgánico compuesto por 75% estiércol de cuy y 25 % estiércol de vacuno; **(T2)** 20 kg de suelo salino + 10 kg de mejorador orgánico compuesto por 25% estiércol de cuy y 75 % estiércol de vacuno; **(T3)** 20 kg de suelo salino + 10 kg de mejorador orgánico compuesto por 50% de estiércol de cuy y 50% de estiércol de vacuno, y **(T4)** 20 kg de suelo salino.

Para cada tratamiento se establecieron experimentos nominados con codificaciones según lo establecido en la **Tabla 1**.

- c. Posteriormente, se depositó el suelo salino y en conjunto las enmiendas orgánicas para su homogeneización en cada tratamiento. A fin de prevenir riesgos de sequedad, se deberá realizar un aporte de 2 litros por cajón cada 7 días durante el tiempo de tratamiento (0, 30, 60 y 90 días).

Tabla 1. Descripción del tratamiento.

Tratamiento	Suelo Salino	Experimento	Tipo de Mejorador Orgánico	Mejorador orgánico	Tiempo de Extracción
T1	20 Kg	T1CV0	75% Cuy - 25%Vaca	10 Kg	0 Días
		T1CV1	75% Cuy - 25%Vaca		30 Días
		T1CV2	75% Cuy - 25%Vaca		30 Días
		T1CV3	75% Cuy - 25%Vaca		60 Días
		T1CV4	75% Cuy - 25%Vaca		60 Días
		T1CV5	75% Cuy - 25%Vaca		90 Días
		T1CV6	75% Cuy - 25%Vaca		90 Días
T2	20 Kg	T2VC0	75% Vaca – 25% Cuy	10 Kg	0 Días
		T2VC1	75% Vaca – 25% Cuy		30 Días
		T2VC2	75% Vaca – 25% Cuy		30 Días
		T2VC3	75% Vaca – 25% Cuy		60 Días
		T2VC4	75% Vaca – 25% Cuy		60 Días
		T2VC5	75% Vaca – 25% Cuy		90 Días
		T2VC6	75% Vaca – 25% Cuy		90 Días
T3	20 Kg	T3BB0	50% Cuy – 50% Vaca	10 Kg	0 Días
		T3BB1	50% Cuy – 50% Vaca		30 Días
		T3BB2	50% Cuy – 50% Vaca		30 Días
		T3BB3	50% Cuy – 50% Vaca		60 Días
		T3BB4	50% Cuy – 50% Vaca		60 Días
		T3BB5	50% Cuy – 50% Vaca		90 Días
		T3BB6	50% Cuy – 50% Vaca		90 Días
T4	20 Kg	T4BL0	Blanco	10 Kg	0 Días
		T4BL9	Blanco		90 Días

Fuente: Elaboración propia

5.3. Análisis fisicoquímico

Se realizó un análisis de caracterización, donde se examinó: pH, conductividad eléctrica (C.E.), porcentaje de sodio intercambiable (PSI), materia orgánica (M.O.), N, P y K, carbonatos de calcio (CaCO₃), capacidad de intercambio catiónico (CIC), clase textura, Calcio (Ca⁺²), Magnesio (Mg⁺²), Ion Potasio (K⁺) y Sodio (Na).

Seguidamente, a los 30, 60 y 90 días se analizaron nuevamente los 14 parámetros mencionados, siendo el pH, CE y PSI comparados con Clasificación de suelos afectados por salinidad de la FAO y USDA. Las muestras extraídas en cada tiempo indicado (30, 60 y 90 días) fueron trasladadas al Laboratorio de Análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Agraria La Molina (UNALM), los métodos empleados se describen en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Metodologías de ensayo para el análisis de suelo

Parámetro	Método de ensayo
Textura	Método de Microscopio Electrónico de Barrido (SEM)
Potencial de Hidrógeno (pH)	Se utilizó la normativa ISO 10390 y EPA
Conductividad Eléctrica (CE)	Método de Walkey y Black
Materia Orgánica (MO)	Se utilizó el conductímetro
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	Espectroscopía de Absorción Atómica (AAS)
Nitrógeno (N)	Método de Kjeldahl
Fósforo (P)	Método de Olsen
Potasio (K)	La lectura se realizó en el extracto de acetato de amonio.
Carbonatos de Calcio (CaCO_3)	Se definió la ausencia o presencia de carbonatos, usando ácido clorhídrico.
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	Método del Reactivo de Sulfonato de Cobre (SCB)
Calcio Ca^{+2}	Los cationes cambiables: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} se realizó mediante Espectrofotometría de absorción atómica.
Magnesio Mg^{+2}	
Ion Potasio K^{+}	
Sodio Na^{+2}	

Fuente: Elaboración propia

5.4. Análisis estadístico

Para el procesamiento de datos se utilizó Microsoft Excel y RStudio, y de este modo para el análisis de datos se aplicó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con 3 repeticiones (tiempo). Por consiguiente, se desarrolló un análisis descriptivo de normalidad y homogeneidad de varianza para verificar distribución normal de datos para la aplicación del ANOVA. Finalmente, se efectuó el contraste múltiple de los parámetros bajo los cuatro tratamientos y los días estimados aplicando el test de Fisher o LSD con el objetivo de comprender la diferencia significativa.

6. Resultados

6.1. Caracterización del sustrato

Las características del suelo se muestran en la **Tabla 3**, la cual presenta un pH de 7.78 mostrando ser un suelo ligeramente alcalino, mientras conductividad eléctrica (C.E.) presenta un valor de > 46.19 dS/m indicando un elevado índice de salinidad. En cuanto al PSI es de 4.12% y la materia orgánica 0.55% con bajo almacenamiento y suministro de nutrientes. Según la clasificación de suelos afectados por salinidad publicada por La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021), se identifica como un suelo salino. Por otra parte, el nitrógeno fue de 0.10%, fósforo 36.5% y potasio con 1640 ppm. Referente al carbonato de calcio la cantidad fue de 0.45%, CIC de

5.28 meq/100g de muy baja capacidad, y el contenido de Na es de 0.22 meq/100g.

Tabla 3. Características fisicoquímicas del sustrato

Parámetro	Unidad	Caracterización del sustrato	Valor	
			Suelo Salino	
			FAO	USDA
pH	-	7.78	< 8.5	< 8.2
Conductividad Eléctrica	dS/m	46.19	> 4	> 4
PSI	%	4.12	< 15	< 15
Materia Orgánica	%	0.55	-	-
Nitrógeno	%	0.10	-	-
Fósforo	ppm	36.5	-	-
Potasio	ppm	1640	-	-
CaCO ₃	%	0.45	-	-
CIC	meq/100g	5.28	-	-
Ca	meq/100g	3.15	-	-
Mg	meq/100g	0.53	-	-
K ⁺	meq/100g	1.38	-	-
Na	meq/100g	0.22	-	-

Fuente: Análisis del LASPAF de la UNALM.

(Acuña, 2018) confirman que sales en el suelo se encuentran como cationes al sodio (Na⁺) potasio (K⁺), magnesio (Mg²⁺), calcio (Ca²⁺) y aniones al cloruro (Cl⁻), sulfato (SO₄²⁻), carbonato (CO₃²⁻) y bicarbonato (HCO₃⁻); teniendo efectos negativos en las propiedades fisicoquímicas de los suelos, de la misma manera en las raíces de plantas por ende en su crecimiento, desarrollo y productividad. Según (Barrientos et al., 2020) los mejoradores orgánicos, cumplen un objetivo importante para la recuperación y corrección de las propiedades fisicoquímicas del suelo, ya que poseen un elevado grado de materia orgánica y el aporte de N, P, K y micronutrientes; esenciales para el crecimiento de las plantas.

6.2. Análisis de resultados obtenidos en los tratamientos

En la **Tabla 4**, se muestra los resultados de los tratamientos evaluados en los 0, 30, 60 y 90 días.

Tabla 4. Evaluación del suelo salino mediante mejoradores orgánicos

Tratamiento I - 75% Cuy y 25% Vaca							
Parámetros	0	30	30	60	60	90	90
	T1CV0	T1CV1	T1CV2	T1CV3	T1CV4	T1CV5	T1CV6
pH	8,23	7,72	7,67	7,05	7,13	7,13	7,13
CE (dS/cm)	22,67	21,2	11,57	21,53	20,55	19,87	21
PSI (%)	2,17	0,1	1,13	3,66	7,17	0,08	0,09
C.I.C (meq/100)	7,95	10,59	10,04	8,56	10,16	6,93	5,54
M.O (%)	7,95	10,59	10,04	8,56	10,16	6,93	5,54
Nitrógeno (%)	0,4	0,5	0,46	0,46	0,44	0,43	0,4
Fosforo (ppm P2O5)	513,4	473,5	468,2	458,6	436,5	133,8	134,6
Potasio (ppm K2O)	5700	6600	6800	7500	7600	6200	5900
CaCO ₃ (%)	0,54	0,54	0,54	0,45	0,45	0	0

Ca ⁺² (meq/100g)	3,18	6,03	8,26	7,51	7,94	5,7	6,78
Mg ⁺² (meq/100g)	4,36	0,99	1,15	2,84	3,04	3,04	1,48
K ⁺ (meq/100g)	2,63	1,78	1,97	2,14	2,53	1,96	1,81
Na ⁺ (meq/100g)	0,23	0,01	0,13	0,47	1,04	0,01	0,01
Tratamiento II - 75% Cuy y 25% Vaca							
Parámetros	0	30	30	60	60	90	90
	T2VC0	T2VC1	T1CV2	T1CV3	T1CV4	T1CV5	T1CV6
pH	8,11	7,76	7,72	7,27	7,31	7,47	7,47
CE (dS/cm)	37,07	34,16	34,54	35,76	39,04	39,18	39,83
PSI (%)	3,71	0,32	1,19	12,12	14,38	0,09	0,45
C.I.C (meq/100)	10,08	8,16	8,8	13,28	13,28	10,08	9,6
M.O (%)	6,24	8,01	7,06	8,29	8,62	6,93	9,42
Nitrógeno (%)	0,35	0,39	0,44	0,42	0,42	0,38	0,42
Fosforo (ppm P2O5)	386,1	352,3	357,6	385,6	389	135	134,6
Potasio (ppm K2O)	4900	6700	6300	8200	8100	7100	6900
CaCO ₃ (%)	0	0,36	0,45	0,45	0,36	0	0
Ca ⁺² (meq/100g)	3,69	6,55	7	6,6	5,07	6,73	5,99
Mg ⁺² (meq/100g)	3,95	0,08	0,08	2,72	2,63	1,65	1,81
K ⁺ (meq/100g)	2,06	1,5	1,61	2,35	3,67	1,7	1,76
Na ⁺ (meq/100g)	0,37	0,03	0,1	1,61	1,91	0,01	0,04
Tratamiento III - 50% Cuy y 50% Vaca							
Parámetros	0	30	30	60	60	90	90
	T3BB 0	T3BB 1	T3BB 2	T3BB 3	T3BB 4	T3BB 5	T3BB 6
pH	8,15	7,81	7,81	7,22	7,27	7,32	7,32
CE (dS/cm)	29,79	26,05	27,53	32,3	29,13	30,14	22,63
PSI (%)	1,87	0,09	0,6	8,01	11,6	0,66	0,09
C.I.C (meq/100)	9,76	10,08	10,08	12,48	12	10,56	9,28
M.O (%)	6,72	8,69	7,06	8,42	8,96	9,7	6,93
Nitrógeno (%)	0,36	0,46	0,45	0,21	0,89	0,45	0,41
Fosforo (ppm P2O5)	436,5	441,9	415,5	620	242,9	141,3	138,8
Potasio (ppm K2O)	4900	6600	6800	7200	3420	7300	7100
CaCO ₃ (%)	0	0,54	0,54	0,45	0,45	0	0
Ca ⁺² (meq/100g)	3,15	8,15	7,33	6,17	6,16	6,48	5,53
Mg ⁺² (meq/100g)	4,61	0,33	0,91	2,67	2,22	1,97	1,89
K ⁺ (meq/100g)	1,82	1,59	1,79	2,63	2,23	2,04	1,85
Na ⁺ (meq/100g)	0,18	0,01	0,06	1	1,39	0,07	0,01

Fuente: Elaboración propia

6.2.1. Potencial de hidrógeno

El análisis de varianza (ANOVA) del pH nos indica que los tratamientos dados en el proceso de recuperación de suelos salinos no tienen efecto significativo sobre el pH porque el p-value = 0.339 > 0.05, es decir que el pH obtenido por cada tratamiento resulta ser estadísticamente semejante. Sin embargo, los días aplicados durante la investigación, si existe diferencias significativas (p-value = 0.131e-08 < 0.05) en el resultado del pH. Es decir que a medida que pase los días en la investigación, el pH es diferente.

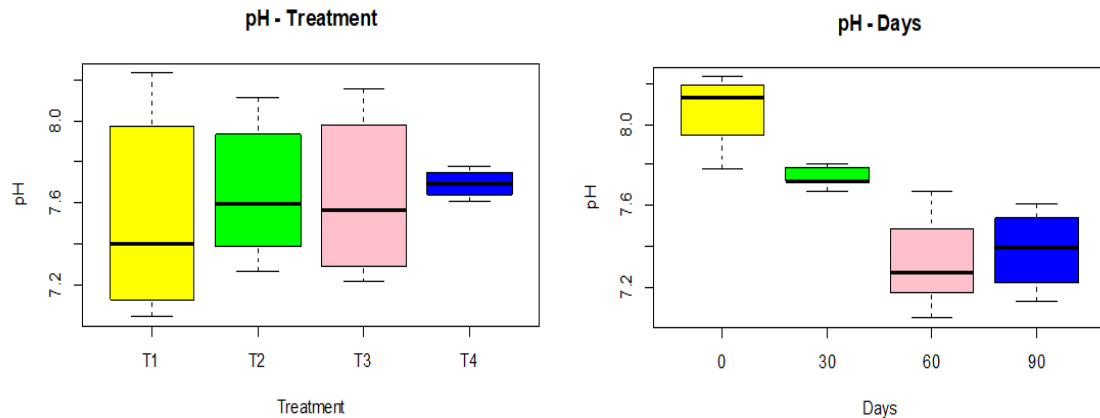


Figura 1. Resultados de bloques del pH por tratamiento y días.

Después de aplicar la prueba de Shapiro – Wilk nos indica que los datos provienen de una distribución normal porque el p-valor = 0.245 y es mayor a 0.05, y la homogeneidad de varianza de los datos cumplen que son homocedásticos o de varianza constante, porque el p-valor=0.12426 y es mayor a 0.05. Con un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que no existe diferencia significativa entre las medias de los pH obtenidos con los tratamientos aplicados, ya que nos arroja un solo grupo bajo la prueba de LSD de Fisher. Esto indica que el pH obtenido por los tratamientos, son semejantes u homogéneos estadísticamente ya que se ha obtenido un mínimo descenso a pH neutro respecto al T4 que es la muestra control o blanco.

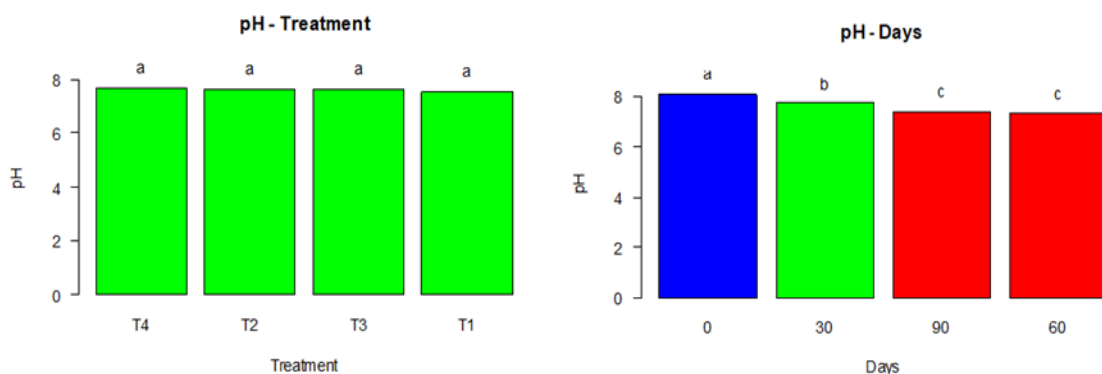


Figura 2. LSD de FISHER del pH para los tratamientos y días de investigación.

En cuanto al pH a través de los días nos muestra que existen diferencias significativas y que existen al menos tres grupos diferentes de pH con el transcurrir de los días. De acuerdo con el análisis LSD de Fisher, al día 0 se tuvo un mayor pH de 8.06 y con el transcurrir de los días se obtuvo un descenso siendo el día 60 el mejor con 7.32 de pH. Sobre el tratamiento que mejor eficiencia resultó fue el T1 (75% estiércol de cuy y 25 % estiércol de vacuno), lo cual es beneficioso para la recuperación del suelo. Por ello (Rocha Yupanqui, 2019) señala que el pH neutro que oscilan entre 6.5 – 7.3. Ver figura 4.

Según la (FAO, 2021) el pH es un principal indicador de la cantidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la movilidad y solubilidad para el suelo, es decir, cuando el valor del pH sea óptimo o neutro su aporte será positivo.

En definitiva, los resultados son respaldados con el aporte de (Suaña & Nina, 2019) quienes en su investigación que lograron aminorar el pH de 10.13 a 9.71 con estiércol de vaca. Tal como (Aimituma et al., 2023), que redujo las concentraciones de pH de 8.05 considerado significativamente alto a 7.04 con estiércol de cuy.

6.2.2. Conductividad eléctrica (C.E.)

El análisis (ANOVA) de la CE, nos indica que los tratamientos dados en el proceso de recuperación de suelos salinos si tienen efecto significativo sobre la CE porque el $p\text{-value} = 9.12e-09 < 0.05$, es decir que el pH obtenido por cada tratamiento resulta ser estadísticamente diferentes o al menos uno de ellos. Sin embargo, los días aplicados durante la investigación, no son significativos ($p\text{-value} = 0.072 < 0.05$) en el resultado de la CE. Es decir que a medida que pase los días en la investigación, las conductividades eléctricas son semejantes.

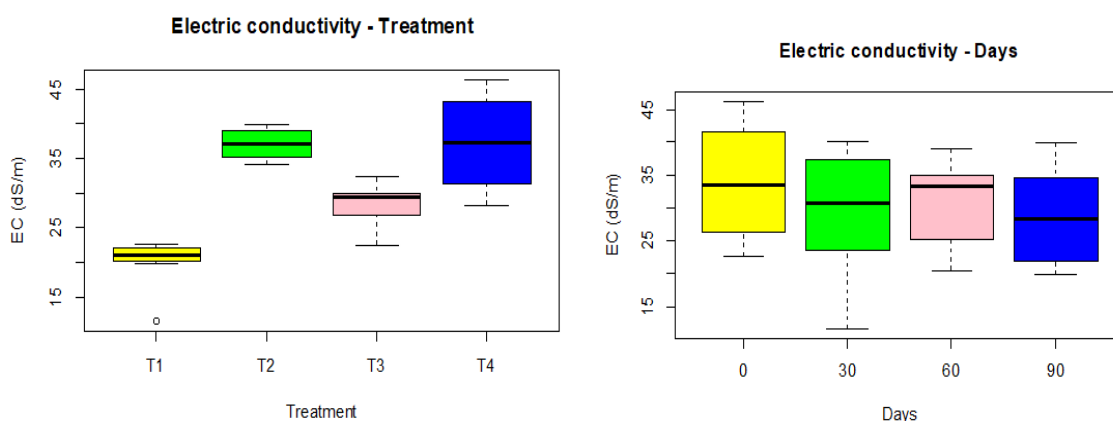


Figura 3. Resultados de bloques de CE por tratamiento y días.

Después de aplicar la prueba de Shapiro – Wilk nos indica que los datos provienen de una distribución normal porque el $p\text{-valor} = 0.2406$ y es mayor a 0.05, y la homogeneidad de varianza de los datos cumplen que son homocedasticos o de varianza constante, porque el $p\text{-valor} = 0.29386$ y es mayor a 0.05. Con un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que existe diferencia significativa entre las medias de las conductividades eléctricas obtenidas con los tratamientos aplicados, ya que nos arroja tres grupos bajo la prueba de LSD de Fisher.

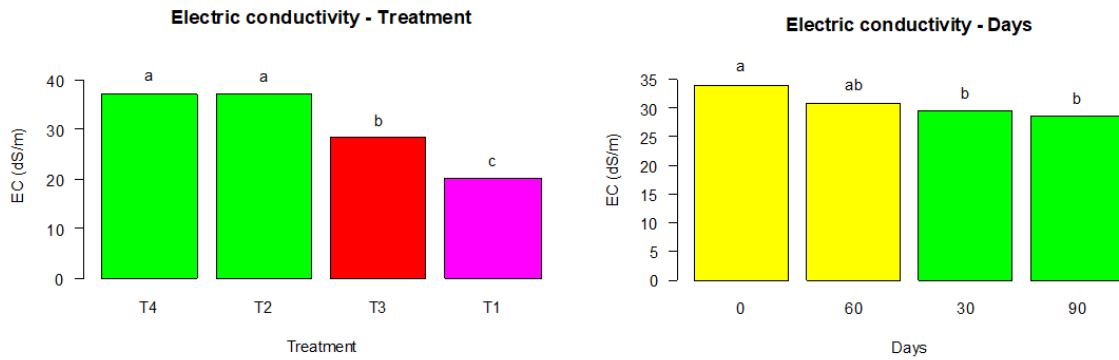


Figura 4. LSD de FISHER de la CE para los tratamientos y días de investigación.

En la figura 3 y 4, se observa los valores obtenidos de la conductividad eléctrica (CE), donde inicialmente los valores fueron elevados desde el T4 (testigo) con 37.2 dS/m siendo excesivamente alto, no obstante, aplicando los mejoradores orgánicos se contempla mejorías significativas mostrando al T1 (75% estiércol de cuy y 25 % estiércol de vacuno) con un valor de un valor de 20,13 dS/m, siendo este la mayor reducción concentración de sales solubles. Respecto a los días tuvo diferencias mínimamente significativas siendo el día 90 la mayor reducción de CE con un valor de 28.6 dS/m.

Según (Hanco, 2017), la cantidad de CE presente en el suelo cumple un rol importante para que las raíces de las plantas puedan obtener nutrientes y se estimen la concentración de sales solubles, es decir, que a menor cantidad de CE este influirá positivamente en el rendimiento productivo.

6.2.3. Porcentaje de Sodio Intercambiable (P.S.I.)

El análisis de varianza (ANOVA) del PSI, mostró que los cuatro tratamientos aplicados en el suelo salino no tienen efecto significativo sobre el PSI porque el $p\text{-value} = 0.241 > 0.05$, es decir que el PSI obtenido por cada tratamiento resulta ser estadísticamente semejante. Sin embargo, los días aplicados durante la investigación, son significativos ($p\text{-value} = 2e-05 < 0.05$) en el resultado del PSI. Es decir que a medida que pasen los días de investigación existen variaciones o cambios en el PSI.

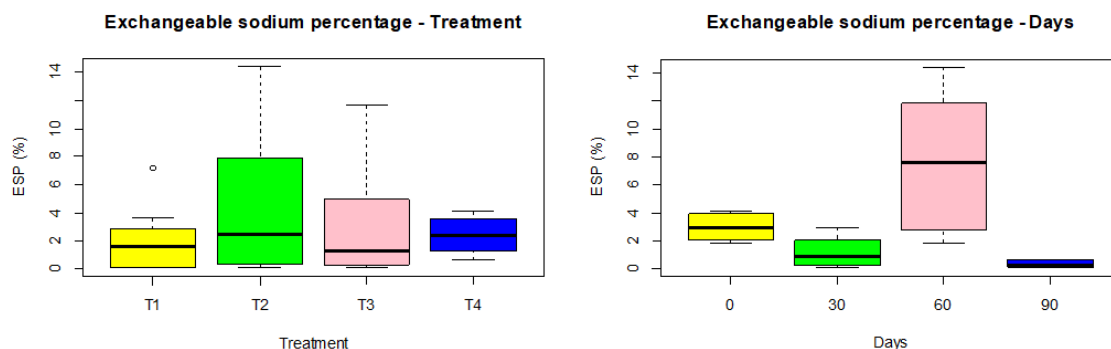


Figura 5. Resultados de bloques de PSI por tratamiento y días.

Después de aplicar la prueba de Shapiro – Wilk nos indica que los datos provienen de una distribución normal porque el p-valor = 0.5073 y es mayor a 0.05, y la homogeneidad de varianza de los datos cumplen que son homocedasticos o de varianza constante, porque el p-valor= 0.08478 y es mayor a 0.05. Con un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que no existe diferencia significativa entre las medias de los valores del PSI obtenidos con los tratamientos aplicados, ya que nos arroja un solo grupo bajo la prueba de LSD de Fisher. Esto indica que el PSI obtenido por los tratamientos, son semejantes u homogéneos estadísticamente, ya que se ha obtenido un mínimo descenso entre los valores del PSI de cada tratamiento.

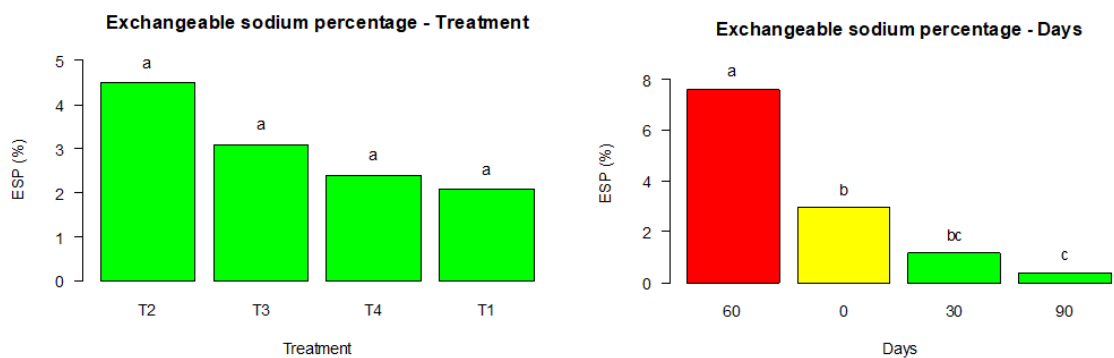


Figura 6. LSD de FISHER del Porcentaje de sodio intercambiable (PSI) para los tratamientos y días de investigación.

El porcentaje de sodio intercambiable en los datos obtenidos tiene valores mínimos significativos. De acuerdo con el análisis LSD de Fisher, a los cero días se tuvo una concentración de 2.96% en el T4 (testigo) y notoriamente al agregar los mejoradores orgánicos en el día 90 días se obtuvo un descenso notorio de 0.35%, lo cual es beneficioso para el suelo. Respecto a los tratamientos, se obtuvo la mayor reducción en el T1 con un valor de 2.07%.

A partir de los resultados, los cuales indicaron que el PSI disminuyó, se determinó que la incorporación de mejoradores orgánicos influyó en la estabilización de las sales en el suelo. Según (Hanco, 2017), el PSI se considera un indicador del efecto sobre el crecimiento vegetal, la estructura y permeabilidad del suelo; además mide el nivel de Na^+ adsorbido en los lugares de intercambio catiónico. Entonces, si el sodio muestra un bajo porcentaje entre los cationes intercambiables, se considera que hubo una mejora en las propiedades del suelo.

6.2.4. Materia Orgánica (M.O.)

El análisis ANOVA de la materia orgánica (MO), nos indica que los tratamientos dados en el proceso de recuperación de suelos salinos tienen efecto significativo sobre la MO porque el p-value = $7.39 \times 10^{-14} < 0.05$, es decir si hay cambios significativos en la MO obtenida por cada tratamiento. Sin embargo, los días aplicados durante la investigación, no son significativos (p-value = $0.0719 < 0.05$)

en el resultado de la MO. Es decir, que a medida que pase los días en la investigación, la MO es semejante.

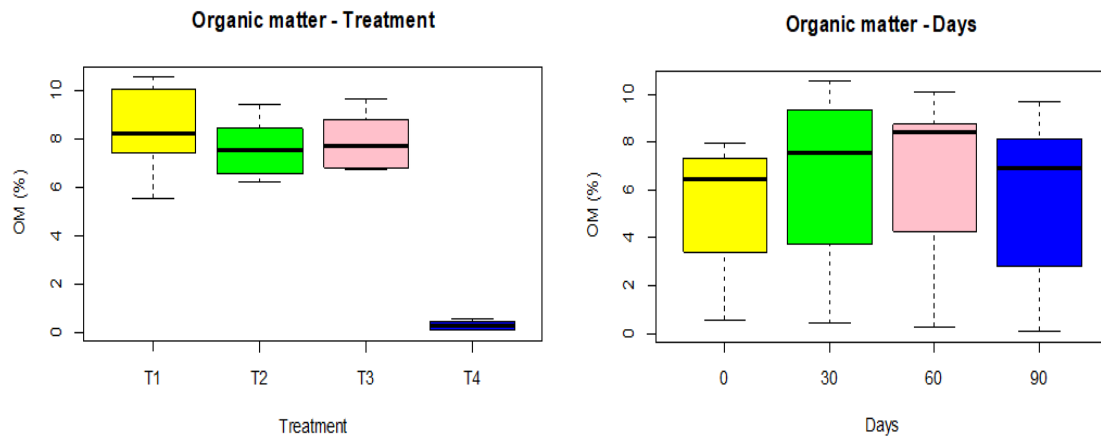


Figura 7. Resultados de bloques de la MO por tratamiento y días.

Después de aplicar la prueba de Shapiro – Wilk nos indica que los datos provienen de una distribución normal porque el p-valor = 0.267 y es mayor a 0.05, y la homogeneidad de varianza de los datos cumplen que son homocedasticos o de varianza constante, porque el p-valor = 0.18162 y es mayor a 0.05. Con un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que no existe diferencia significativa entre las medias de los datos de materia orgánica (MO) obtenida con los tratamientos aplicados, ya que nos arroja dos grupos bajo la prueba de LSD de Fisher. Esto indica que el pH obtenido por los tratamientos, son semejantes u homogéneos estadísticamente ya que se ha obtenido un mínimo aumento de MO entre los datos.

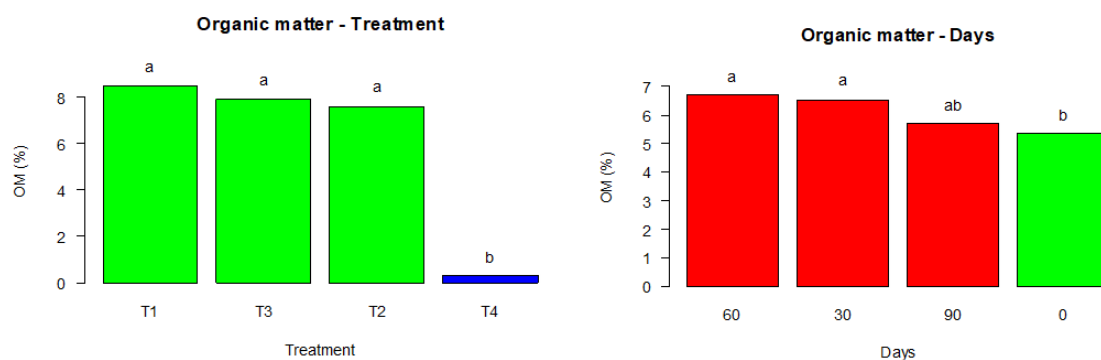


Figura 8. LSD de FISHER de la MO para los tratamientos y días de investigación.

Además, con un nivel de significancia del 95% afirmamos que el comportamiento de la materia orgánica (MO) durante los días de los tratamientos no muestra diferencias significativas y que existen dos grupos diferentes de MO con el transcurrir de los días, de acuerdo con el análisis LSD de Fisher, a los cero días se tuvo un menor valor de MO y con el transcurrir de los días se obtuvo un incremento menor continuo.

De acuerdo con la figura 9 y 10 la materia orgánica tuvo aumento positivo en los tratamientos a excepción del T4 (testigo) que mantuvo su porcentaje inicial. La concentración de materia orgánica (M.O.) en suelos afectados por salinidad, genera unión de bioporos, de este modo aumenta la circulación del aire en el suelo que conlleva al crecimiento vegetal y de microorganismos (Casas et al., 2019).

Sumado a ello (Ramírez, 2016), señala que este parámetro generalmente al ingresar en contacto con residuos de origen animal y vegetal genera un aumento de la MO notoriamente, esto se debe a que estos residuos proporcionan altos contenidos nutritivos como el nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros.

6.2.5. Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.)

El análisis de varianza (ANOVA) de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) nos indica que los tratamientos dados en el proceso de recuperación de suelos salinos tienen un efecto significativo sobre la CIC porque el $p\text{-value} = 2.68e^{-11} < 0.05$, es decir que la CIC obtenido por cada tratamiento resulta ser estadísticamente significativo. Del mismo modo, los días aplicados durante la investigación, son significativos ($p\text{-value} = 1.02e^{-05} < 0.05$) en el resultado de CIC. Es decir que a medida que pase los días en la investigación, la CIC es diferente.

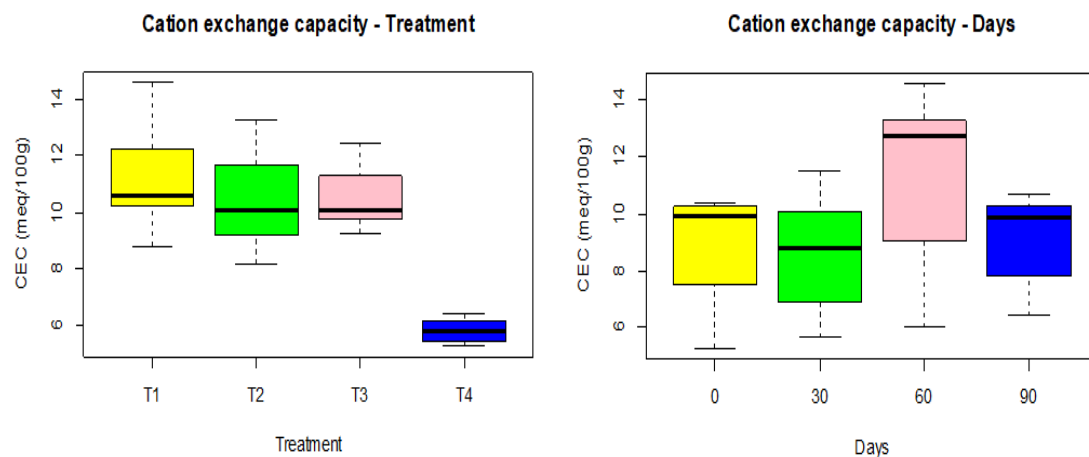


Figura 9. Resultados de bloques de la CIC por tratamiento y días.

Después de aplicar la prueba de Shapiro – Wilk nos indica que los datos provienen de una distribución normal porque el $p\text{-valor} = 0.245$ y es mayor a 0.05, y la homogeneidad de varianza de los datos cumplen que son homocedasticos o de varianza constante, porque el $p\text{-valor} = 0.12426$ y es mayor a 0.05. Con un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que no existe diferencia significativa entre los valores de la CIC obtenidos con los tratamientos aplicados, ya que nos arroja dos grupos bajo la prueba de LSD de Fisher. Esto indica que la CIC obtenida por los tratamientos, son semejantes u homogéneos estadísticamente ya que se ha obtenido un mínimo incremento respecto al T4 que es la muestra control o blanco.

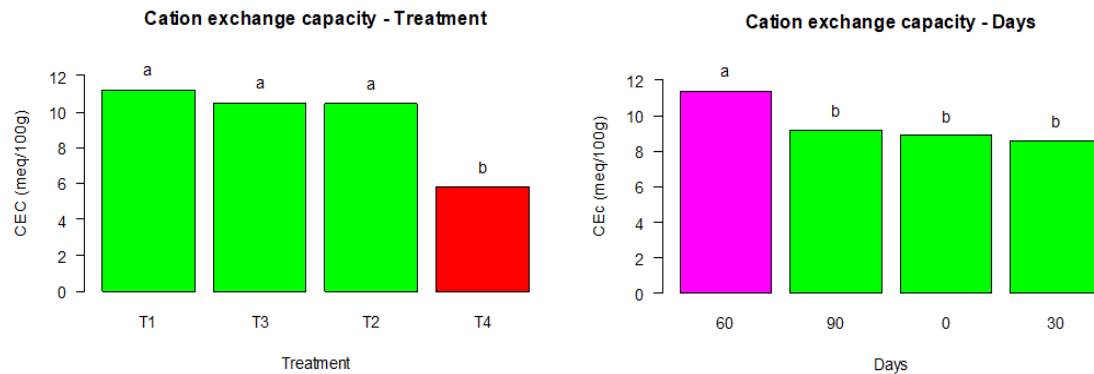


Figura 10. LSD de FISHER de la CIC para los tratamientos y días de investigación.

Además, con un nivel de significancia del 95% afirmamos que el comportamiento de CIC durante los días de los tratamientos nos muestra que existe semejanza y que existen dos grupos diferentes de CIC con el transcurrir de los días; de acuerdo con el análisis LSD de Fisher, a los cero días se tuvo una menor CIC y con el transcurrir de los días se obtuvo un incremento.

En la Figura 11 y 12 se observa aumento notorio al día 60, siendo el tratamiento 1 (75% estiércol de cuy y 25 % estiércol de vacuno) el más eficiente. De acuerdo con (Casas et al., 2019) la capacidad de intercambio catiónico tiene un buen impacto ya que se relaciona con la cantidad de materia orgánica aportado al suelo. Asimismo, (Aimituma et al., 2023) en su investigación señala que el incremento de este parámetro facilita la capacidad de retención de nutrientes, transformando progresivamente el suelo a uno más fértil.

6.2.6. Nitrógeno, Fósforo, Potasio (N.P.K) y Calcio (Ca)

6.2.6.1. Nitrógeno

El análisis de varianza (ANOVA) del nitrógeno (N) nos indica que los tratamientos dados en el proceso de recuperación de suelos salinos no tienen efecto significativo sobre el N porque el $p\text{-value}=0.9056 > 0.05$, es decir que el N obtenido por cada tratamiento resulta ser estadísticamente semejantes. Por otro lado, los días aplicados durante la investigación, no son significativos ($p\text{-value}=0.0534 > 0.05$) en el resultado del N, pero si se evidencia un mínimo cambio entre los valores.

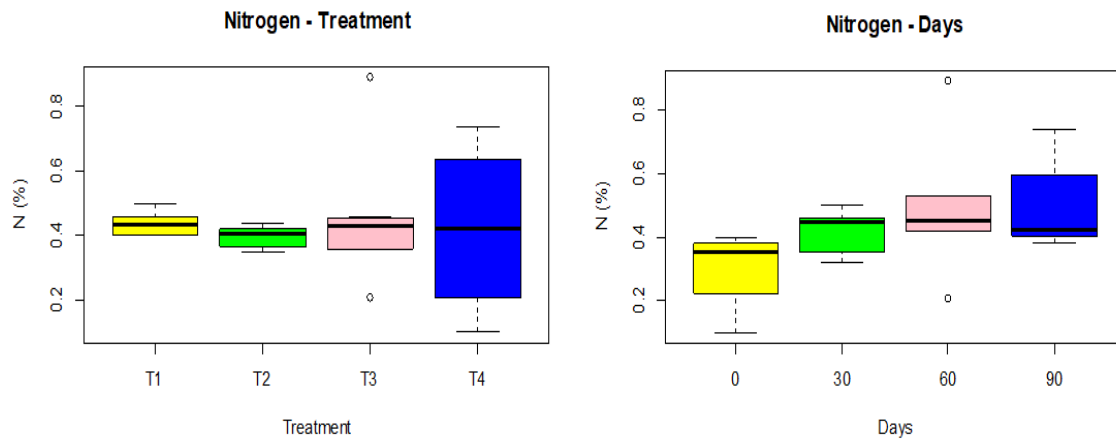


Figura 11. Resultados de bloques de N por tratamiento y días.

Después de aplicar la prueba de Shapiro – Wilk nos indica que los datos provienen de una distribución normal porque el $p\text{-valor} = 0.1023$ y es mayor a 0.05, y la homogeneidad de varianza de los datos cumplen que son homocedasticos o de varianza constante, porque el $p\text{-valor} = 0.10363$ y es mayor a 0.05. Con un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que no existe diferencia significativa entre las medias de los valores obtenidos del nitrógeno (N) con los tratamientos aplicados, ya que nos arroja un solo grupo bajo la prueba de LSD de Fisher. Esto indica que el N obtenido por los tratamientos, son semejantes u homogéneos estadísticamente, ya que se ha obtenido un mínimo incremento del nitrógeno respecto al T4 que es la muestra control o blanco.

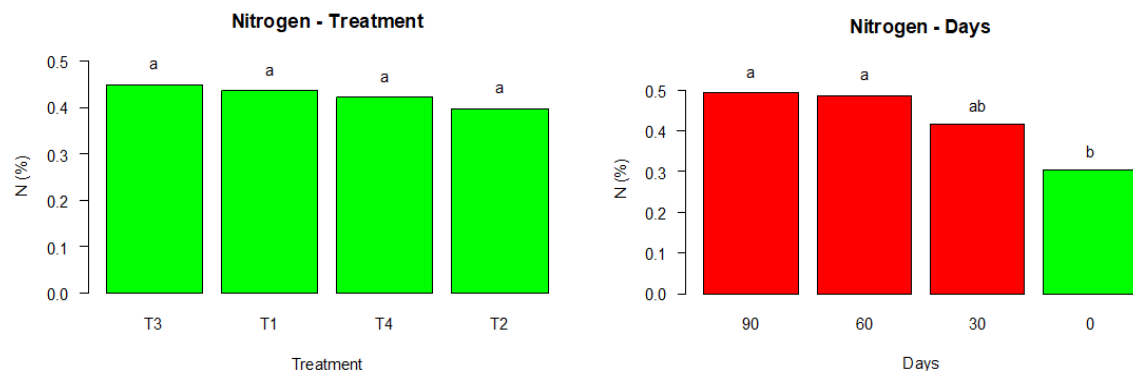


Figura 13. LSD de FISHER del pH para los tratamientos y días de investigación.

Además, con un nivel de significancia del 95% afirmamos que el comportamiento del nitrógeno (N) durante los días de los tratamientos nos muestra que no existen diferencias significativas y que hay solo dos grupos diferentes de N con el transcurrir de los días, de acuerdo con el análisis LSD de Fisher, a los cero días se tuvo un menor valor de nitrógeno y con el transcurrir de los días se obtuvo un leve incremento.

6.2.6.2. Fósforo (P)

El análisis de varianza (ANOVA) del Fósforo (P) nos indica que los tratamientos dados en el proceso de recuperación de suelos salinos tienen efecto significativo sobre el P porque el $p\text{-value} = 1.11\text{e-}12 < 0.05$, es decir que el P obtenido por cada tratamiento resulta ser estadísticamente diferente. Por otro lado, los días aplicados durante la investigación, son significativos ($p\text{-value} = 5.44\text{e-}05 < 0.05$) en el resultado del P, pero si se evidencia un mínimo cambio entre los valores.

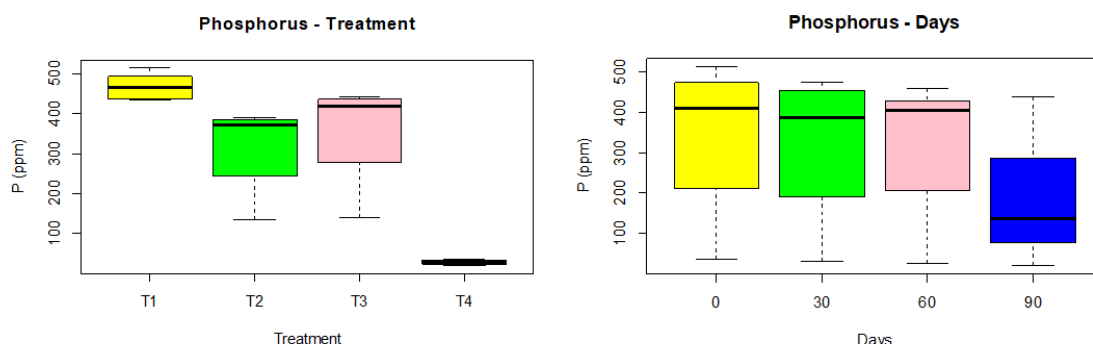


Figura 14. Resultados de bloques de P por tratamiento y días.

Después de aplicar la prueba de Shapiro – Wilk nos indica que los datos provienen de una distribución normal porque el $p\text{-valor} = 0.7246$ y es mayor a 0.05, y la homogeneidad de varianza de los datos cumplen que son homocedasticos o de varianza constante, porque el $p\text{-valor} = 0.7637$ y es mayor a 0.05. Con un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que existe diferencia significativa entre las medias del P obtenido con los tratamientos aplicados, ya que nos arroja tres grupos bajo la prueba de LSD de Fisher. Esto indica que el P obtenido por los tratamientos, son diferentes estadísticamente ya que se ha obtenido un incremento de P respecto al T4 que es la muestra control o blanco.

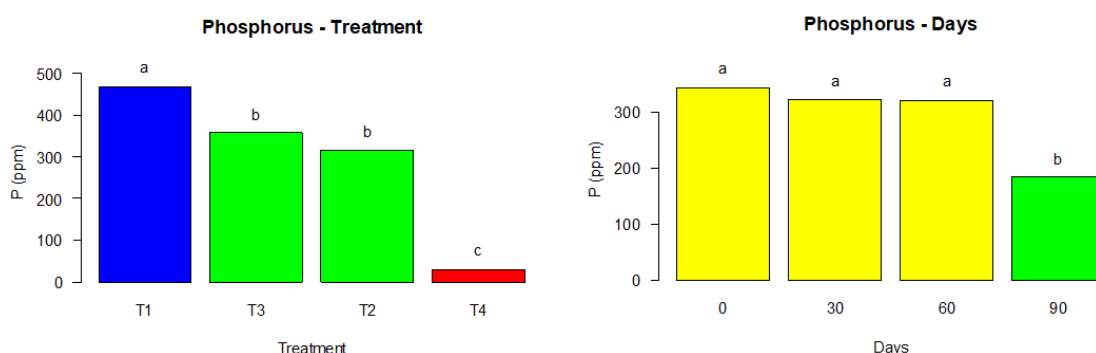


Figura 15. LSD de FISHER del P para los tratamientos y días de investigación.

Además, con un nivel de significancia del 95% afirmamos que el comportamiento del P durante los días de los tratamientos nos muestra que no existen diferencias significativas y que existen al menos dos grupos diferentes de P con el transcurrir de los días, de acuerdo con el análisis LSD de Fisher, a los cero días se tuvo una mayor presencia de P y con el transcurrir de los días se obtuvo un descenso.

6.2.6.3. Potasio (K)

El análisis de varianza (ANOVA) del potasio (K) nos indica que los tratamientos dados en el proceso de recuperación de suelos salinos tienen efecto significativo sobre el P porque el $p\text{-value} = 8.02e^{-16} < 0.05$, es decir que el P obtenido por cada tratamiento resulta ser estadísticamente diferente. Por otro lado, los días aplicados durante la investigación, son significativos ($p\text{-value} = 3.43e^{-05} < 0.05$) en el resultado del K, evidenciando cambios entre los días de tratamiento.

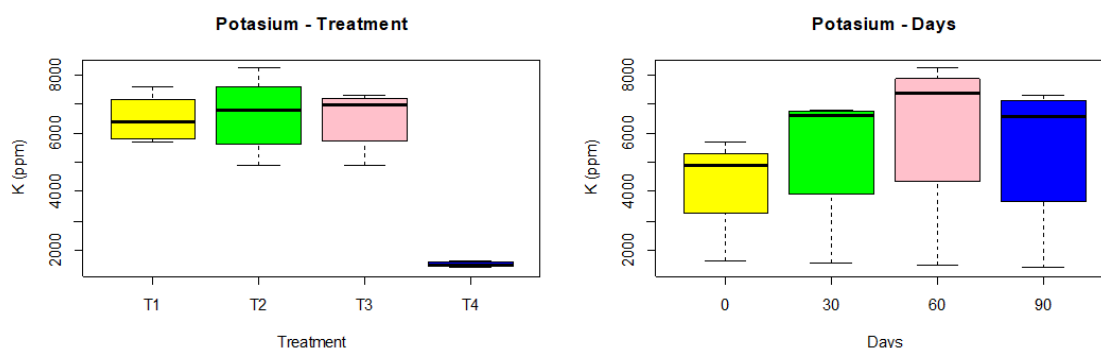


Figura 16. Resultados de bloques del K por tratamiento y días.

Después de aplicar la prueba de Shapiro – Wilk nos indica que los datos provienen de una distribución normal porque el $p\text{-valor} = 0.3035$ es mayor a 0.05, y la homogeneidad de varianza de los datos cumplen que son homocedasticos o de varianza constante, porque el $p\text{-valor} = 0.278$ y es mayor a 0.05. Con un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que no existe diferencia significativa entre las medias de los K obtenidos con los tratamientos aplicados, ya que nos arroja dos grupos bajo la prueba de LSD de Fisher. Esto indica que el K obtenido por los tratamientos, son semejantes u homogéneos estadísticamente ya que se ha obtenido un mínimo descenso a K neutro respecto al T4 que es la muestra control o blanco.

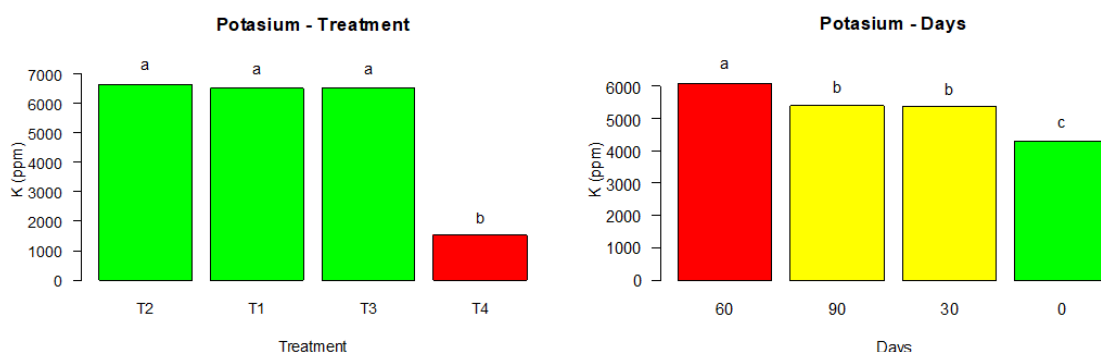


Figura 17. LSD de FISHER del K para los tratamientos y días de investigación.

Además, con un nivel de significancia del 95% afirmamos que el comportamiento del K durante los días de los tratamientos nos muestra que existe diferencias significativas y que existen al menos tres grupos diferentes de K con el transcurrir de los días, de acuerdo con el análisis LSD de Fisher, a los cero días se tuvo un

menor valor de K y con el transcurrir de los días se obtuvo incremento lo cual es beneficioso para recuperación de un suelo.

6.2.7. Calcio (C)

El análisis de varianza (ANOVA) del calcio (Ca) nos indica que los tratamientos dados en el proceso de recuperación de suelos salinos no tienen efecto significativo sobre el Ca porque el $p\text{-value} = 0.000677 < 0.05$, es decir que el Ca obtenido por cada tratamiento resulta ser estadísticamente diferente. Por otro lado, los días aplicados durante la investigación, no son significativos ($p\text{-value} = 4.38e-07 < 0.05$) en el resultado del Ca.

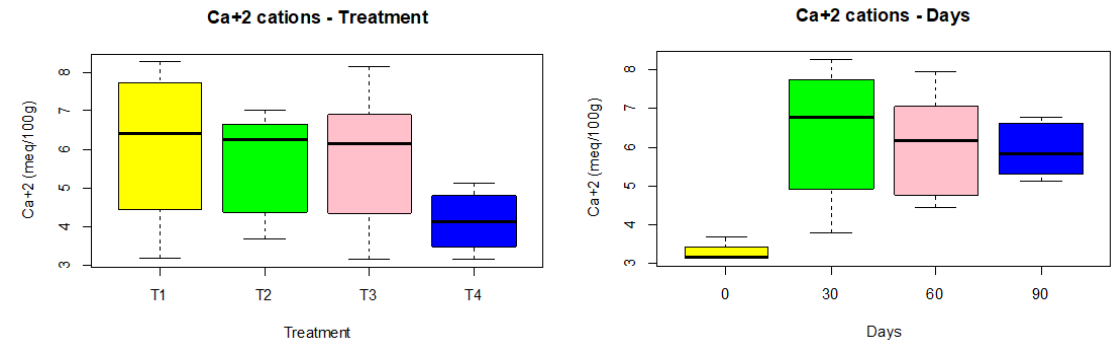


Figura 18. Resultados de bloques de Ca por tratamiento y días.

Después de aplicar la prueba de Shapiro – Wilk nos indica que los datos provienen de una distribución normal porque el $p\text{-valor} = 0.369$ es mayor a 0.05, y la homogeneidad de varianza de los datos cumplen que son homocedasticos o de varianza constante, porque el $p\text{-valor} = 0.9256$ y es mayor a 0.05. Con un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que no existe diferencia significativa entre las medias de Ca obtenidos con los tratamientos aplicados, ya que nos arroja dos grupos bajo la prueba de LSD de Fisher. Esto indica que el Ca obtenido por los tratamientos, son semejantes u homogéneos estadísticamente ya que se ha obtenido un mínimo incremento de Ca respecto al T4 que es la muestra control o blanco.

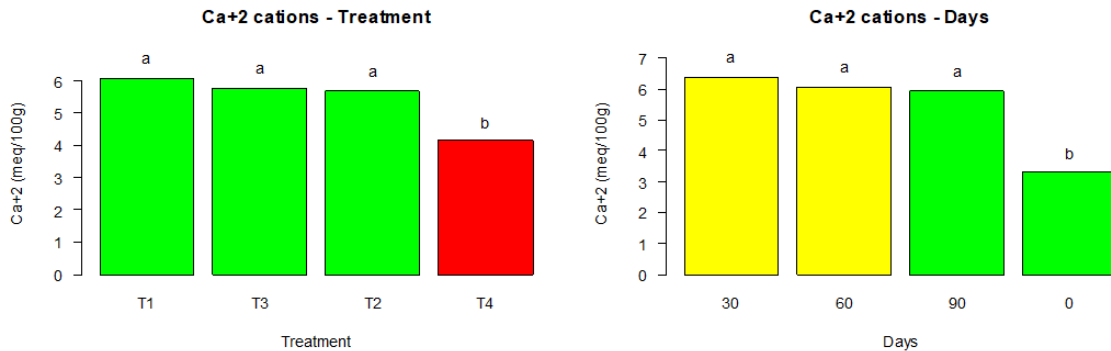


Figura 19. LSD de FISHER de Ca para los tratamientos y días de investigación.

Además, con un nivel de significancia del 95% afirmamos que el comportamiento del Ca durante los días de los tratamientos nos muestra que no existen

diferencias significativas y que existen al menos tres dos grupos diferentes de Ca con el transcurrir de los días, de acuerdo con el análisis LSD de Fisher, a los cero días se tuvo un menor valor de Ca y con el transcurrir de los días se obtuvo un incremento.

El incremento del nitrógeno, fósforo, potasio y calcio se debe a la descomposición de la materia orgánica, pudiendo mejorar la condición nutricional del suelo en estado de salinidad. El aporte de nitrógeno (como nitratos) y fosforo a suelos concentrados con sales, aumenta el desarrollo de los cultivos. Además, trabaja aminorando la absorción y almacenamiento en los tejidos de iones dañinos en el suelo (Estela, 2023).

6.2.8. Carbonatos de Calcio (CaCO_3)

El análisis de varianza (ANOVA) del carbonato de calcio (CaCO_3) nos indica que los tratamientos dados en el proceso de recuperación de suelos salinos tienen efecto significativo sobre el CaCO_3 porque el $p\text{-value} = 5.29\text{e}^{-05} < 0.05$, es decir que el CaCO_3 obtenido por cada tratamiento resulta ser estadísticamente diferente. Por otro lado, los días aplicados durante la investigación, son significativos ($p\text{-value} = 2.53\text{e}^{-06} < 0.05$) en el resultado del CaCO_3 , evidenciando un mínimo cambio entre los valores.

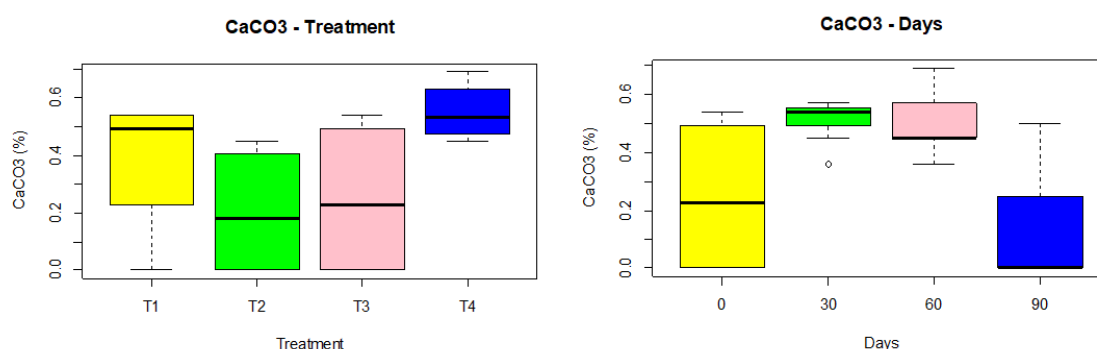


Figura 20. Resultados de bloques del CaCO_3 por tratamiento y días.

Después de aplicar la prueba de Shapiro – Wilk nos indica que los datos provienen de una distribución normal porque el $p\text{-valor} = 0.07023$ es mayor a 0.05, y la homogeneidad de varianza de los datos cumplen que son homocedasticos o de varianza constante, porque el $p\text{-valor} = 0.62748$ es mayor a 0.05. Con un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que existe diferencia significativa entre las medias del CaCO_3 obtenidos con los tratamientos aplicados, ya que nos arroja tres grupos bajo la prueba de LSD de Fisher. Esto indica que el CaCO_3 obtenido por los tratamientos, son diferentes estadísticamente ya que se ha obtenido el descenso de los valores de CaCO_3 respecto al T4 que es la muestra control o blanco.

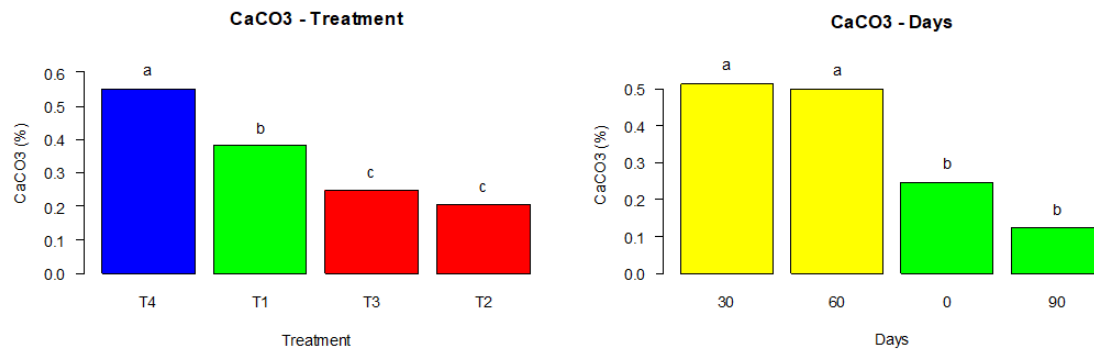


Figura 20. LSD de FISHER del CaCO_3 para los tratamientos y días de investigación del Carbonato de Calcio (CaCO_3).

Al respecto, (Aimituma et al., 2023) para los tratamientos de suelos salinos con mejoradores orgánicos de vacuno y cuy, señalan los carbonatos son de poca significancia, ya que son parámetros terciarios que estiman la proporción y acumulación de agua que obstruye en el suelo. Asimismo, la (FAO, 2021) señala que el carbonato de calcio se puede encontrar en diferentes grados de concentración en el suelo, por lo que en altas cantidades podría ser perjudicial e incluso limitando la disponibilidad de otros elementos como el fósforo, boro y hierro para las plantas.

6.2.9. Magnesio (Mg)

El análisis de varianza (ANOVA) del magnesio (Mg) nos indica que los tratamientos dados en el proceso de recuperación de suelos salinos tienen efecto significativo sobre el Mg porque el $p\text{-value} = 6.98\text{e-}06 < 0.05$, es decir que el Mg obtenido por cada tratamiento resulta ser estadísticamente diferente. Por otro lado, los días aplicados durante la investigación, son significativos ($p\text{-value} = 3.84\text{e-}07 < 0.05$) en el resultado del Mg.

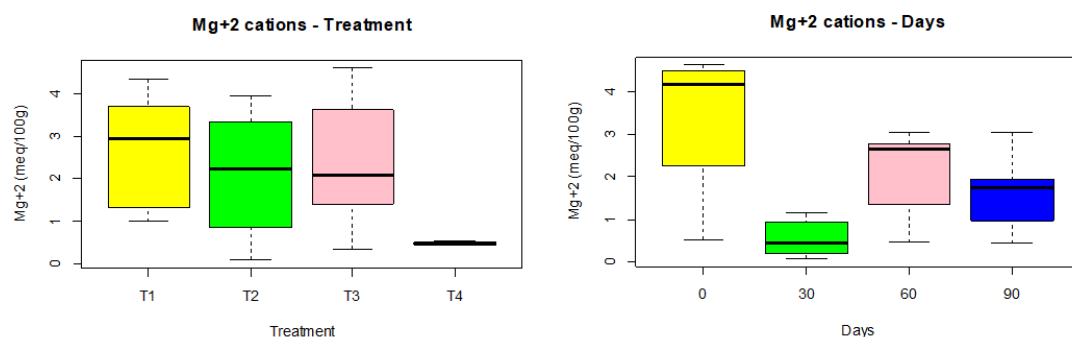


Figura 21. Resultados de bloques de Mg por tratamiento y días.

Después de aplicar la prueba de Shapiro – Wilk nos indica que los datos provienen de una distribución normal porque el $p\text{-valor} = 0.434$ que es mayor a 0.05, y la homogeneidad de varianza de los datos cumplen que son homocedasticos o de varianza constante, porque el $p\text{-valor} = 0.052033$ mayor a 0.05. Con un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que no existe diferencia significativa entre las medias de los Mg obtenidos con los tratamientos

aplicados, ya que nos arroja dos grupos bajo la prueba de LSD de Fisher. Esto indica que el Mg obtenido por los tratamientos, son semejantes u homogéneos estadísticamente.

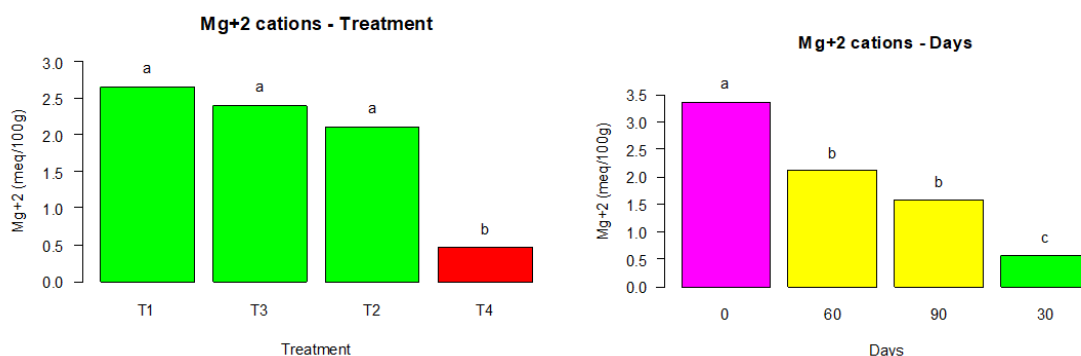


Figura 22. LSD de FISHER del Mg para los tratamientos y días de investigación.

Además, con un nivel de significancia del 95% afirmamos que el comportamiento del Mg durante los días de los tratamientos nos muestra que existe diferencias significativas y que existen al menos tres grupos diferentes de Mg con el transcurrir de los días, de acuerdo con el análisis LSD de Fisher, a los cero días se tuvo un mayor Mg y con el transcurrir de los días se obtuvo un descenso lo cual es beneficioso para recuperación de un suelo.

6.2.10. Ion de Potasio (K^+)

El análisis de varianza (ANOVA) de cationes de potasio (K^+) nos indica que los tratamientos dados en el proceso de recuperación de suelos salinos tienen efecto significativo sobre el K^+ porque el $p\text{-value} = 6.43e-09 < 0.05$, es decir que el K^+ obtenido por cada tratamiento resulta ser estadísticamente diferente. Por otro lado, los días aplicados durante la investigación, son significativos ($p\text{-value} = 0.000561 < 0.05$) en el resultado del K^+ .

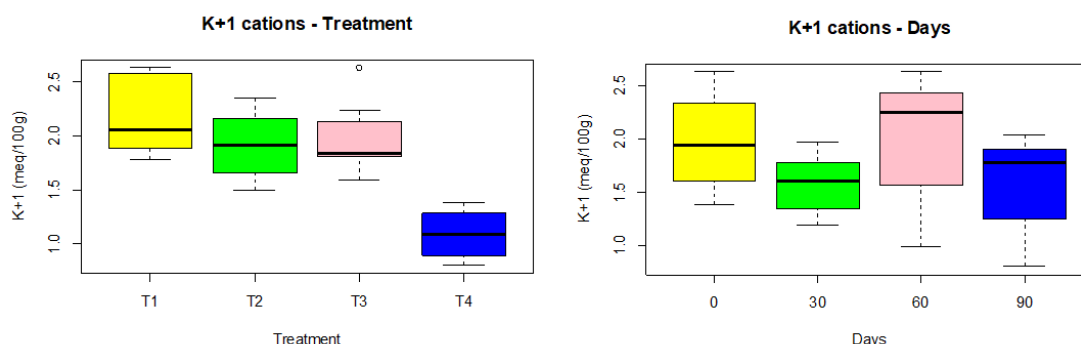


Figura 23. Resultados de bloques de PSI por tratamiento y días.

Después de aplicar la prueba de Shapiro – Wilk nos indica que los datos provienen de una distribución normal porque el $p\text{-valor} = 0.4109$ es mayor a 0.05, y la homogeneidad de varianza de los datos cumplen que son homocedasticos o de varianza constante, porque el $p\text{-valor} = 0.91624$ y es mayor a 0.05. Con un

nivel de confianza del 95% podemos afirmar que existe diferencia significativa entre las medias de los K⁺ obtenidos con los tratamientos aplicados, ya que nos arroja tres grupos bajo la prueba de LSD de Fisher. Esto indica que el K⁺ obtenido por los tratamientos, son diferentes estadísticamente ya que se ha obtenido un incremento del valor respecto al T4 que es la muestra control o blanco.

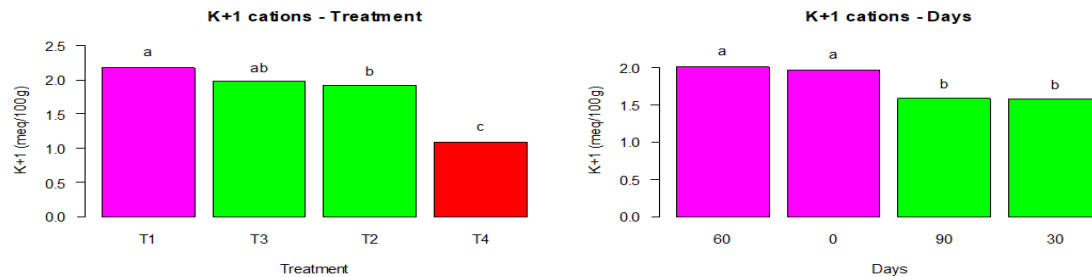


Figura 24. LSD de FISHER del K⁺ para los tratamientos y días de investigación.

Además, con un nivel de significancia del 95% afirmamos que el comportamiento del K⁺ durante los días de los tratamientos nos muestra que no existen diferencias significativas y que existen al menos dos grupos diferentes de K⁺ con el transcurrir de los días, de acuerdo con el análisis LSD de Fisher, a los cero días se tuvo un mayor valor de K⁺ y con el transcurrir de los días se obtuvo un descenso.

6.2.11. Sodio (Na)

El análisis de varianza (ANOVA) del sodio (Na⁺) nos indica que los tratamientos dados en el proceso de recuperación de suelos salinos tienen efecto significativo sobre el Na⁺ porque el p-value = 0.0207 < 0.05, es decir que el Na⁺ obtenido por cada tratamiento resulta ser estadísticamente diferente. Por otro lado, los días aplicados durante la investigación, son significativos (p-value = 1.4e-07 < 0.05) en el resultado del Na⁺.

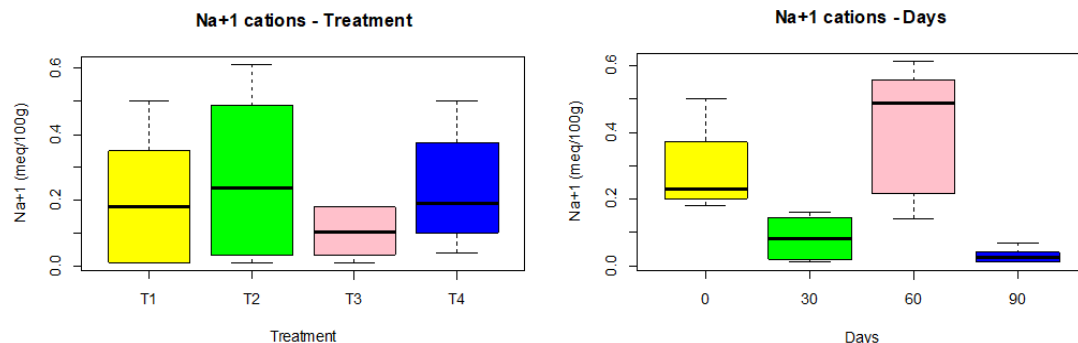


Figura 25. Resultados de bloques de Na⁺ por tratamiento y días.

Después de aplicar la prueba de Shapiro – Wilk nos indica que los datos provienen de una distribución normal porque el p-valor = 0.9684 es mayor a 0.05, y la homogeneidad de varianza de los datos cumplen que son homocedasticos

o de varianza constante, porque el p-valor = 0.4905 y es mayor a 0.05. Con un nivel de confianza del 95% podemos afirmar que no existe diferencia significativa entre las medias de los Na^+ obtenidos con los tratamientos aplicados, ya que nos arroja dos grupos grupos bajo la prueba de LSD de Fisher. Esto indica que el Na^+ obtenido por los tratamientos, son semejantes u homogéneos estadísticamente ya que se ha obtenido un mínimo descenso de Na^+ .

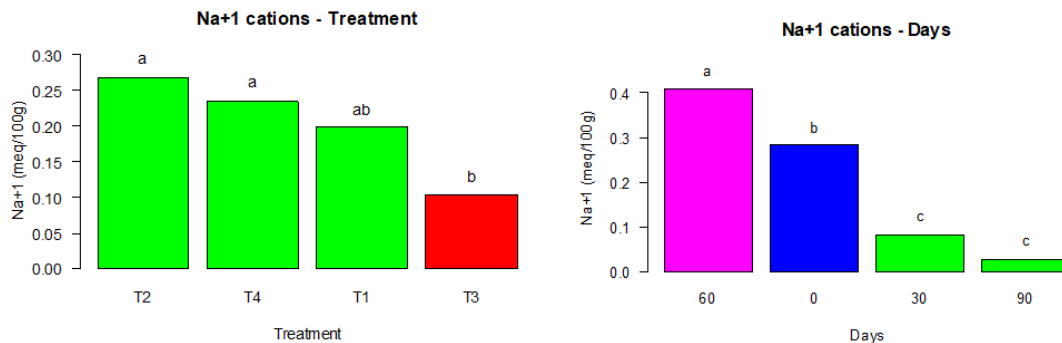


Figura 26. LSD de FISHER del Na^+ para los tratamientos y días de investigación.

Además, con un nivel de significancia del 95% afirmamos que el comportamiento del Na^+ durante los días de los tratamientos nos muestra que existe diferencias significativas y que existen al menos tres grupos diferentes de Na^+ con el transcurrir de los días, de acuerdo con el análisis LSD de Fisher, a los cero días se tuvo un mayor Na^+ y con el transcurrir de los días se obtuvo un descenso lo cual es beneficioso para recuperación de un suelo.

Según sostiene (Hurtado, 2019), los mejoradores orgánicos que tienen altos rendimientos de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) como el estiércol de cuy y vacuno, benefician a la sustitución del sodio, por lo cual, podrían generar agregados estables a favor de suelo.

7. Conclusiones

Se concluye que la aplicación con mejoradores orgánicos de cuy y vacuno en el suelo salino favoreció a las propiedades fisicoquímicas de suelo, reduciendo el pH, conductividad eléctrica (CE), porcentaje de sodio intercambiable (PSI), siendo el tratamiento T1 con 75% estiércol de cuy y 25 % estiércol de vacuno para lograr la reducción y estabilización de las sales en el suelo.

Asimismo, el tratamiento T3 con 50% estiércol de vaca y 50% de estiércol de cuy mostró eficiencia en los resultados estadísticos, donde el pH y la CE se redujo notablemente, dichos parámetros son indispensables para verificar si hay incremento de salinidad por lo que al realizar la comparación con la Clasificación de suelos afectados por salinidad de la (FAO, 2021) y (United States Department of Agriculture, 2017) se verifica la efectividad de reducción de dichos parámetros obteniendo resultados favorables.

En relación con el tiempo y dosis de mejoradores orgánicos que intervienen en el tratamiento, se analizan mejores resultados con la aplicación de 75% estiércol de cuy y 25 % estiércol de vacuno a los 90 días. Se considera que en cuanto más tiempo se realice el tratamiento se obtendrán mejores resultados. También, se debe analizar las dosis de aplicación de cada mejorador orgánico.

Respecto a la MO, se obtuvo un aumento en todos los tratamientos. Por otra parte, los resultados de los parámetros secundarios como la capacidad de intercambio catiónico (CIC), nitrógeno (N), potasio (K), Sodio (Na^+) y Carbonatos (CaCO_3) fueron favorables a los 90 días de tratamiento, indicando mejorías en el rendimiento y estructura del suelo.

8. Referencias bibliográficas

- Aimituma, K., Llanqui, S., & Fernández, H. (2023). Biorremediación de suelos salinos con enmiendas orgánicas de estiércol de cuy y vacuno, Cusco-Perú. *REACAE*. <https://doi.org/10.51252/reacae.v2i1.e388>
- Barrientos, L., Rojas, D., & Matos, R. (2020). *Efecto del compost de residuos orgánicos y estiércol vacuno en suelo franco arenoso de la Asociación Vivienda La Bloquetera - Villa María del Triunfo*. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1817>
- Casas, N., Galvan, A., Carbo, N., & Tito, G. (2019). *Eficiencia de las enmiendas orgánicas en la recuperación de suelos salinos en el distrito de San Vicente De Cañete - Lima*. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1817>
- Damián Acuña, L. (2018). Aplicación de tres tratamientos aceleradores para la elaboración de compost de residuos del Mercado Los Cedros, Distrito de Chorrillos, 2018. *Universidad César Vallejo*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/20516>
- Estela, N. (2023). *Efecto de los abonos orgánicos en las características químicas del suelo y el rendimiento del pimiento (Capsicum annuum) en condiciones de invernadero - Huánuco - 2022*. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/8723>
- FAO. (2021). *Presentación, en conferencia virtual, del Mapa mundial de los suelos afectados por salinidad*.
- Gledis, M. (2023). *Efecto de la salinidad en el crecimiento, desarrollo e inicio de producción del cultivo de Tara (Caesalpineia spinosa), en la parte baja del valle Chancay - Lambayeque - Perú*. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11440>
- 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*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/3539>
- Hurtado Delgado, D. A. (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. *Universidad Peruana Unión*. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1791?show=full>
- Lisboa, S. B., Gonçalves, S. V. da S., Bezerra, R. T., Santos, S. E. de S., & Fontenele, R. M. (2023). Evaluación de la salinidad de suelos bajo cultivo protegido de Pennisetum purpureum Schum cv. BRS Capiáu regado con agua salina. In *Cuestiones orientadas al desarrollo*. Seven Editora. <https://doi.org/10.56238/homeebookorg03-015>

- Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). *Guía Técnica para Muestreo de Suelos*.
<https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- MINAGRI, & SENAMHI. (2017). *Programa Presupuestal Multisectorial 0089: "Reducción De La Degradación De Los Suelos Agrarios" Anexo 2 Ministerio De Agricultura Y Riego-Servicio Nacional De Meteorología E Hidrología Del Perú*.
- MINAM. (2014). *Guía para el muestreo de suelos*.
<https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>
- Oumuto, C., Vargas, R., Viatkin, K., & Yigini, Y. (2021). Mapeo de suelos afectados por salinidad - Manual técnico. In *Mapeo de suelos afectados por salinidad - Manual técnico*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9215es>
- Ramírez Alaluna, P. M. (2016). Condiciones de salinidad y recuperación de los suelos de la cancha pública de golf-San Bartolo, Lima. *Universidad Nacional Agraria La Molina*.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2482>
- Rocha Yupanqui, R. M. (2019). Métodos para recuperar suelos afectados por la salinidad y/o sodicidad. *Universidad Científica Del Sur*.
<https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/780>
- 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. *Universidad Peruana Unión*.
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2684>
- United States Department of Agriculture. (2017). *Soil Survey Manual Soil Science Division Staff Agriculture Handbook No. 18*.
<https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf>

9. Anexos

9.1 Sumisión del artículo

AO

susy@mdpi.com en nombre de Agronomy Editorial Office<agronomy@mdpi.com>

Para: esauhuamani

CC: Agronomy Editorial Office <agronomy@mdpi.com>

Este mensaje está en Inglés

Dear Mr. Huamani,

We are writing to let you know that we have received the below submission to Agronomy for which you are listed as a co-author.

Manuscript ID: agronomy-3233656

Type of manuscript: Article

Title: Recovery of Saline Soils Using Organic Amendments of Guinea Pig and Cattle Manure in Infertile Coastal Areas of Peru.

Authors: Lesli Taipe, Esau Huamani, Hugo Fernandez, Jackson Edgardo Perez Carpio, Juan Soria, Orlando Poma *

Received: 13 Sep 2024

In order to confirm your connection to this submission, please click here to confirm your co-authorship:

<https://susy.mdpi.com/author/confirm/2894954/ntMyWa9f>

Kind regards,

Agronomy Editorial Office

Journals

Topics

Information

Author Services

Initiatives

About

Login

Register

Submit

Manuscript ID

agronomy-3233656

Status

Pending review

Article type

Article

Title

Recovery of Saline Soils Using Organic Amendments of Guinea Pig and Cattle Manure in Infertile Coastal Areas of Peru.

Journal

[Agronomy](#)

Section

[Soil and Plant Nutrition](#)

Abstract

Soils affected by salinity are considered a serious problem worldwide, negatively affecting soil fertility, environmental health and the economy. The objective of the research was to evaluate the effect of organic improvers (guinea pig and cattle manure) on the recovery of saline soils, using a completely randomized block design (CRBD) with three replicates evaluated at 0, 30, 60 and 90 days per treatment. Four treatments were implemented, one of them being a control, distributed as follows: (T1) saline soil with 75% guinea pig manure and 25% cattle manure, (T2) sa-line soil with 75% cattle manure and 25% guinea pig manure, (T3) saline soil with 50% guinea pig manure and 50% cattle manure and (T4) control. The results showed that T1 had more signif-icant effect on salinity influential parameters such as pH (7.53), electrical conductivity EC (20.13 dS/m) and exchangeable sodium percentage PSI (2.07%). With respect to the number of days, a better result was observed at 90 days. Likewise, a comparison was made with the FAO and USDA classification of soils affected by salinity, showing a reduction in pH, EC and PSI. It is concluded that the organic improvers show a positive effect on the restoration of the physico-chemical parameters of saline soil.

Keywords

organic amendments; guinea pig manure; cattle manure; Salinity

Co-Authorship information

* Author Name

Esau

Huamani

* Author email

esauhuamani@upeu.edu.pe

* Display E-Mail

☒

* Yes

☐

* No

9.2 Resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis



"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

RESOLUCIÓN N° 0426-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 08 de agosto de 2023

VISTO:

El expediente de **Esau Abinadad Huamani Bailon**, identificado(a) con Código Universitario N° 201710206 y **Lesli Luz Taipe Muñoz**, identificado(a) con Código Universitario N° 201620026, 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 **Esau Abinadad Huamani Bailon** y **Lesli Luz Taipe Muñoz**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Recuperación de suelos salinos mediante mejoradores orgánicos (estiércol de cuy y vacuno), Lurigancho, Lima" 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 08 de agosto de 2023, 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 "**Recuperación de suelos salinos mediante mejoradores orgánicos (estiércol de cuy y vacuno), Lurigancho, Lima**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Cesar Asbel Aranda Castillo** y **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Mg. Ketty Magaly Arellano Lino
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Interesado
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo

9.3 Resolución de modificación del perfil de proyecto de tesis



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

RESOLUCIÓN N° 0296-P-2024/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 23 de abril de 2024

VISTO:

El expediente de **Esau Abinadad Huamani Bailon**, identificado(a) con código universitario N° 201710206 y **Lesli Luz Taipe Muñoz** identificado(a) con código universitario N° 201620026 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 proyecto de tesis;

Que **Esau Abinadad Huamani Bailon** y **Lesli Luz Taipe Muñoz**, han solicitado la modificación de la denominación del proyecto de tesis titulado Recuperación de suelos salinos mediante mejoradores orgánicos (estiércol de cuy y vacuno), Lurigancho, Lima;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 23 de abril de 2024, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar la modificación de la denominación del proyecto de tesis titulado Recuperación de suelos salinos mediante mejoradores orgánicos (estiércol de cuy y vacuno), Lurigancho, Lima, por el de: Recuperación de suelos salinos mediante mejoradores orgánicos de estiércol de cuy y vacuno en zona infértil costera peruana, en el registro respectivo y disponer que con la orientación de su asesor el(la) **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas**, sea desarrollado y ejecutado el proyecto de tesis por **Esau Abinadad Huamani Bailon** y **Lesli Luz Taipe Muñoz**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución, a partir de la inscripción inicial.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Ph.D. Silvia Pilco Quesada
SECRETARIA ACADÉMICA

CC:

- Interesado
- Asesor
- DGI
- Archivo