

# RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS DEL NORTE INTEGRADO DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ POR INCORPORACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

## RECOVERY OF SALT SOILS FROM THE INTEGRATED NORTH OF THE DEPARTMENT OF SANTA CRUZ BY INCORPORATION OF ORGANIC MATTER

PÉREZ GUTIÉRREZ A. D.

### RESUMEN

**E**l suelo del Batallón de Producción Ecológica III “Cnl. Eduardo Paccieri” ubicado en la localidad de Guabirá, Municipio de Montero, capital de la Provincia Obispo Santistevan, forma parte de la zona agrícola del Norte Integrado del departamento de Santa Cruz. El suelo de este predio, como del circundante presenta un horizonte franco arcilloso, originando baja permeabilidad, mientras que la cercanía al río Pirá ocasiona una superficial capa freática, de reacción ligeramente alcalina a alcalina. Estas condiciones naturales del suelo y clima, hacen susceptible de degradación al sistema agropecuario. Se monitoreo la conductividad eléctrica y el pH en los suelos a los 0, 14, 28 y 42 días después de la incubación del suelo. La determinación de cationes solubles ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) se efectuó a los 0 y 42 días. La turba fue empleada como soporte para la producción de biofertilizantes a base de Rhizobium. La gramínea empleada fue Sorgo Granífero (*Sorghum bicolor*). La leguminosa fue Mucuna Ceniza (*Stizolobium cinereum*). El desarrollo de las plántulas de soya en condiciones semicontroladas, fueron afectadas por la condición del suelo. En todos los tratamientos se evidenció disminución en la germinación de las semillas. El tratamiento con la mezcla de gramínea y leguminosa provocó una elevada sodicidad en el suelo causando la muerte de las plántulas. Similar situación se evidenció en el tratamiento con gramínea. El crecimiento de las plántulas (altura y masa de la parte foliar y radicular) alcanzó los registros más elevados con la aplicación de 2% de Turba y con el 4% de leguminosa. La altura de la parte aérea fue incrementada en 100% por estos dos tratamientos, en relación con las plántulas desarrolladas en el suelo Testigo; en tanto que la longitud de la raíz, fue favorecida en 35 y 11% respectivamente. La masa foliar presentó similar tendencia a la observada en la altura. La alta concentración natural de sales presentes en el suelo (Testigo) y/o estimulada por la descomposición de los residuos orgánicos frescos de los abonos verdes (Leguminosas y Gramíneas) perjudicó el normal desarrollo de la soya.

### PALABRAS CLAVE

Suelos salinos, soya, Abonos Verdes

### ABSTRACT

**T**he floor of the Ecology III Production Battalion “Cnl. Eduardo Paccieri” located in the town of Guabirá, Municipality of Montero, capital of the Obispo Santistevan Province, is part of the Northern Integrated agricultural area of the department of Santa Cruz. The soil of this property, like that of the surrounding area, has a loamy clay horizon, causing low permeability, while the proximity to the Pirá river causes a superficial water table, slightly alkaline to alkaline reaction. These natural soil and climate conditions make the agricultural system susceptible to degradation. Soil electrical conductivity and pH were monitored at 0, 14, 28, and 42 days after soil incubation. The determination of soluble cations ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) was carried out at 0 and 42 days. Peat was used as a support for the production of Rhizobium-based biofertilizers. The grass used was Graniferous Sorghum (*Sorghum bicolor*). The legume was Mucuna Ash (*Stizolobium cinereum*). The development of soybean seedlings in semi-controlled conditions, were affected by the condition of the soil. A decrease in seed germination was evident in all treatments. Treatment with the mixture of grass and legumes caused a high sodicity in the soil causing the death of the seedlings. A similar situation was evident in the grass treatment. The growth of the seedlings (height and mass of the leaf and root part) reached the highest records with the application of 2% Peat and 4% legume. The height of the aerial part was increased by 100% by these two treatments, in relation to the seedlings developed in the Witness soil; while the length of the root was favored in 35 and 11% respectively. The leaf mass presented a similar trend to that observed in height. The high natural concentration of salts present in the soil (Control) and / or stimulated by the decomposition of fresh organic residues from green manures (Legumes and Grasses) impaired the normal development of soy.

### KEYWORDS

Saline soils, soy, Green Fertilizers

## INTRODUCCIÓN

**E**n las tierras de las zonas áridas y semi-áridas del mundo y del país es muy común la concentración de sales o de sodio intercambiable en los horizontes del suelo debido a que los procesos de acumulación natural y antrópicos son dinámicos y están limitando de manera remarcada la producción de alimentos y forrajes y pueden a mediano y largo plazo provocar serios problemas socio-económicos. (ORSAG, 2011).

Los suelos sódicos tienden a hincharse cuando se mojan, luego se endurecen y cuartean cuando están secos, desarrollando una costra dura, seca, cuarteada y agrietada en su superficie. (URIBE, 2012).

En un suelo pueden existir diferentes tipos de sales, las principales son las formadas por calcio, magnesio y sodio, y que aportan unas u otras características a los suelos dependiendo de su concentración.

Cuando las acumulaciones del suelo son de calcio o de magnesio, se dice que se produce un fenómeno de salinización del suelo; sin embargo, si lo que se acumula en el suelo es el sodio, se produce una alcalinización. (ARVINSE, 2014).

La contaminación química del suelo por acumulación de sal, usualmente ocurre por malas prácticas de riego, en donde el agua “lava” las sales orgánicas y otros elementos orgánicos que neutralizan las sales inorgánicas. Un suelo con ese tipo de sales ya no es productivo debido a que quema las raíces de las plantas. (CAMAGUEY, 2015).

El deterioro del recurso suelo en el Altiplano Boliviano específicamente (por procesos de salinización/alcalinización, contaminación con metales pesados y erosión) es muy preocupante, siendo esto, junto a otros factores como el cambio climático, condiciones socioeconómicas, de mercado, etc. que están favoreciendo la desertificación de amplias zonas de esta región, creando una serie de problemas ambientales, económicos y sociales. (ORSAG, 2010).

Los suelos de Bolivia tienen un gran potencial para producir alimentos, sin embargo, una gran mayoría de los productores no hacen un adecuado manejo en la producción de cultivos, consecuentemente se pueden perder miles de hectáreas por problemas de exceso de salinidad en campo. La zona norte del departamento de Santa Cruz está afectada por malas labores culturales que realizan los productores. (UNTERLADSTAETTER, 2015).

El alto porcentaje de salinidad en los campos puede acabar con los rendimientos de los cultivos en todas las zonas de Santa Cruz afectadas por este proceso degradativo, para contrarrestar esta situación los productores deben realizar rotación de cultivos, mantener materia orgánica en el suelo, proteger los cultivos con cortinas rompe vientos y hacer drenaje en los cultivos como la caña, entre otros aspectos. (UNTERLADSTAETTER, 2015).

Estas condiciones naturales del suelo y clima, hacen susceptible de degradación al sistema agropecuario. En adición, la falta de una explotación racional de cultivos, con reposición de nutrientes y/o materia orgánica, ha hecho evidente la degradación del suelo tornándolo salino, por el exceso de cationes solubles presentes

en el perfil del suelo, como consecuencia del estrés salino, los cultivos entre estos: la caña de azúcar, producidos en el Batallón de Producción Ecología III “Cnl. Eduardo. Paccieri reducen su crecimiento y desarrollo vegetativo, por consiguiente, se reduce la productividad, por pérdida de la población y/o reducción de la fotosíntesis. (GAD-Santa Cruz, 2011).

En el entendido que todas las formas de salinidad reducen la productividad de los suelos y afectan la producción de la mayoría de los cultivos agrícolas de importancia económica; la ejecución de la presente investigación permitirá obtener respuestas sobre el efecto amortiguador de la materia orgánica en la reducción de los cationes solubles del suelo, influyendo, en el desarrollo óptimo de los cultivos.

La elevada acumulación de sales en la superficie del suelo del Batallón de Producción Ecología III “Cnl. Eduardo. Paccieri, ocasionada por la mala circulación del agua de lluvia, que es la causa más probable del problema, situación que está provocando la disminución de la población vegetal con la consecuente presencia de manchas calvas y la exposición del suelo a los efectos erosivos del agua y el viento; otra de las consecuencias es la elevación del pH del suelo haciendo insolubles nutrientes esenciales para el óptimo desarrollo de los cultivos.

La Materia Orgánica del suelo es un factor clave en el mantenimiento de las funciones del suelo a largo plazo, debido a que influye de manera importante en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

La Materia Orgánica cumple funciones esenciales en la estructura y estabilidad del suelo en su fertilidad nutritiva, en su capacidad de retención de agua y en su resistencia a la penetración por raíces, además aumenta su resistencia a la erosión favoreciendo la infiltración del agua y contribuye a evitar la contaminación de los cursos de agua, gracias a su papel de filtro natural asociado principalmente a sus propiedades adsorbentes. (SIX, CONANT, PAUL, & PAUSTIAN, 2002).

Los efectos agronómicos de la transformación de la materia orgánica en el sistema suelo están relacionados preferentemente con la velocidad con que ésta evoluciona y con el equilibrio alcanzado entre los procesos de formación y degradación (humificación y mineralización) de la misma.

Esta dinámica de la fracción orgánica se va a traducir en una mayor o menor disponibilidad de nutrientes y sustancias bioactivas para cubrir las necesidades del vegetal, en una proporción mayor o menor de fracción humificada y en un efecto favorable o desfavorable sobre todos los parámetros ligados con la fertilidad y conservación de los suelos de cultivo. (LABRADOR M., GUIBERTEAU C., LOPEZ B., & REYES P., 2000).

La turba es un material procedente de la degradación bioquímica de materiales vegetales acumulados en medios anaeróbicos o semi-anaeróbicos (turberas). Pueden ser de dos tipos según las condiciones de formación, diferenciándose en turberas bajas o “eutróficas” y turberas altas u “oligotróficas”.

Se contemplan en la normativa dos tipos de turbas según las especies vegetales de que proceden: “Turba herbácea”, o turba negra, formada por caña común (pastos de *Phragmites*) y carrizos (género *Carex*), y la “turba de musgo” o turba rubia en la que predomina el género *Sphagnum*. (AGROES.ES, 2014). El término “abonado verde” hace referencia a la utilización de

cultivos de vegetación rápida, que se cortan y se entierran en el mismo lugar donde han sido sembrados y que están destinados especialmente a mejorar las propiedades físicas del suelo, a enriquecerlo con un "humus joven" de evolución rápida además de otros nutrientes minerales y sustancias fisiológicamente activas, así como a activar la población microbiana del suelo. (ECO, 2013).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron cuatro etapas: la recolección de suelo con estrés salino, la preparación de los sustratos orgánicos, el material vegetal y la evaluación en el material vegetal del efecto de las propuestas de mejora.

Las etapas del estudio fueron realizadas:

El suelo experimental fue recolectado del Batallón de Producción y Ecología III "Cnl. Eduardo. Paccieri", 17°19'18,65" S y 63°16' 6,46" O.

La experimental en los ambientes del Laboratorio de Rhizobiología dependiente del Centro de Investigación Agrícola Tropical, CIAT, en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

### MATERIALES

El suelo experimental seleccionado para la presente investigación corresponderá a un suelo salino; el criterio de selección del mismo será la ausencia y/o disminución de desarrollo del cultivo de caña de azúcar en el Batallón de Producción y Ecología III "Cnl. Eduardo. Paccieri" y la extensión afectada por este problema.

La selección final será de acuerdo a los resultados del análisis de suelos. Un suelo afectado por sales es aquel cuya conductividad eléctrica en el extracto saturado deberá ser mayor de 4 (µS/cm), con un porcentaje de Na<sup>+</sup> en la solución inferior al 15% y un pH generalmente menor de 8,5 (RUIZ, 2012).

Para la preparación de los sustratos orgánicos se utilizó: Turba, material orgánico con 30% de carbono orgánico, proveniente de zonas muy húmedas del departamento.

Abono verde de leguminosas, material orgánico fresco (sin descomponer).

Abono verde de gramíneas, material orgánico fresco (sin descomponer)

El material vegetal usado fue: Soya (*Glycine max L.*) de la variedad a emplearse será ASAI RG, perteneciente al CIAT.

El material de campo utilizado fue: pico, pala, barreta, tubo galvanizado, recipiente, bolsa o saco.

El material de laboratorio utilizado fue: pHmetro marca WILTON WO, probetas, vasos de precipitado marca AISATEC, balanza marca METTLER TOLEDO modelo ME 1002, y horno mufla marca THERMO modelo F6010CN.

### MÉTODOS

La recolección del suelo experimental, se realizó previa la

selección de éste, por medio del resultado del análisis de suelo.

Se obtuvieron 200 kg aproximadamente del suelo provenientes de un volumen de 1,0 m largo x 1,0 m ancho x 0,2 m de profundidad.

Esta cantidad fue fraccionada en 6 partes de 25 kg cada uno, correspondientes a los 6 tratamientos.

Se realizó un análisis químico físico al suelo experimental, con la finalidad de contar con información base de comparación con los cambios posteriores a la aplicación de las enmiendas orgánicas, en este análisis se evaluó: textura, pH, Conductividad Eléctrica (CE), cationes solubles (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>), capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, fósforo, nitrógeno total, materia orgánica.

Durante el desarrollo de la investigación, se realizó el monitoreo de la CE y el pH en los suelos a los 0, 14, 28 y 42 días después de la incubación del suelo. La determinación de cationes solubles (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) se efectuó a los 0 y 42 días, debido a los reducidos cambios que podrían registrarse en estos parámetros. Con la finalidad de integrar los materiales orgánicos con el suelo salino y permitir la estabilización de reacciones químicas, se procedió a incubar los 6 tratamientos por el lapso de 60 días.

Para la estabilización se humedecerá cada tratamiento a capacidad de campo.

Determinación de la capacidad de campo: En un embudo con papel filtro, se colocó 100 g de sustrato correspondiente a un tratamiento, saturar con agua, dejar reposar 48 horas. Transcurrido ese tiempo, Pesar el suelo húmedo y secar por 24 h a 105°C. Determinar el % de humedad por la fórmula:

$$HCC = \frac{P_{hu}(g) - P_{se}(g)}{P_{se}(g)} \times 100$$

HCC, Humedad a Capacidad de Campo; P<sub>hu</sub>, Peso húmedo; P<sub>se</sub>, Peso seco.

La turba empleada, corresponde a un suelo vegetal con alto contenido de materia orgánica humidificada, como característica principal presenta una reacción baja (pH 5,8), en la tabla 4, se detallan sus características.

El mencionado material fue proporcionado por el Centro de Investigación Agrícola Tropical. Siendo empleado como soporte para la producción de biofertilizantes a base de *Rhizobium*.

La gramínea empleada en la presente investigación fue sorgo granífero (*Sorghum bicolor*), con aproximadamente 70 días después de la siembra.

Se extrajo de un jardín de especies de abonos verdes del Centro de Investigación Agrícola Tropical en la Estación Experimental de Saavedra (EEAS - CIAT). El sorgo, se dejó secar parcialmente y se picó en porciones de 10 cm aproximadamente, antes de incorporarlo al suelo.

La leguminosa seleccionada fue mucuna (*Stizolobium cinereum*), se extrajo antes de la floración, con 110 días después de la siembra.

El material proviene del jardín de especies de abonos verdes del

# RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS DEL NORTE INTEGRADO DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ POR INCORPORACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

Centro de Investigación Agrícola Tropical en la Estación Experimental de Saavedra (EEAS - CIAT). La biomasa verde se dejó secar parcialmente y se picó en porciones de 10 cm aproximadamente.

Incorporación de sustratos orgánicos al suelo: A cada 25 kg de suelo se incorporará el correspondiente tratamiento, se humedeció a capacidad de campo y fueron incubados por el lapso de 60 días.

La cantidad de enmienda orgánica a agregar se detalla en la tabla 2.

Tabla 2. Cantidad de turba y abonos verdes incorporada a 25 kg de suelo

Trat.	Descripción, (%p/p)	Materia Orgánica (g)
1	Suelo (Testigo)	---
2	Suelo + Turba (1)	250
3	Suelo + Turba (2)	500
4	Suelo + Leg (4)	1000
5	Suelo + Gram (4)	1000
6	Suelo + Leg (2) + Gram (2)	500/ 500

Trat. = Tratamiento, Leg = Leguminosa, Gram = Gramínea

Siembra de soja: Concluida la etapa de incubado de los seis sustratos, se repitió a razón de 4,0 kg en macetas. Un tratamiento estuvo constituido por cinco macetas (reiteraciones). En estas se sembró semilla de soja inoculada. Se dejó desarrollar por 42 días.

La evaluación que se realizó a los 42 días después de la siembra.

Observando el efecto de los cambios químicos ocurridos en el suelo sobre el desarrollo de las plántulas de soja.

Para eso se retiraron los cilindros por bloque, extrayéndose con cuidado de cada cilindro las plantas con raíces completas y teniendo el cuidado de evitar el desprendimiento del sistema radicular al lavarlos. Las variables estudiadas fueron: altura de la parte aérea, longitud de la raíz, peso seco de la parte aérea y peso seco de la raíz.

## TRATAMIENTO DE DATOS

Las variables evaluadas se analizaron mediante la Prueba de F a una probabilidad de 5%. A todas las variables que reporten diferencias significativas (rechazo de hipótesis nula) en el análisis de varianza del modelo propuesto anteriormente, se aplicará la prueba de TUKEY. Para el efecto se utilizará el paquete estadístico Infostat v.2016e.

## RESULTADOS

El análisis de una muestra representativa del suelo en estudio, se determinó diferentes valores físicoquímicos se muestran la tabla 3.

Tabla 3 Características fisicoquímicas del suelo en estudio

pH	9,4
C.E. (µS/cm)	330
Ca (Cmol/kg)	9,5
Mg	3,8
Na	4,4
K	0,14
TBI (Cmol /kg)	17,84
PSI(%)	24,66
CICE(Cmol/kg)	17,84
P(ppm)	15
M.O. (%)	1,6
N (%)	0,07
Arena (%)	52
Limo (%)	39
Arcilla (%)	8
Textura	FL

En la tabla 4, se muestran las características fisicoquímicas de la turba empleada.

Tabla 4. Características fisicoquímicas de la turba

pH	5,8
Ca (Cmol/kg)	1,3
Mg	0,8
Na	0,64
K	0,7
TBI (Cmol /kg)	3,6
Acidez	0,2
CICE(Cmol/kg)	3,4
P(ppm)	14
M.O. (%)	24
N (%)	0,57
Arena (%)	30
Limo (%)	62
Arcilla (%)	8

Las tablas 5 y 6 muestran la incidencia de los diferentes tratamientos en la conductividad eléctrica y el pH respectivamente. Las alturas de las partes aérea de las plantas de soja fueron en promedio: Testigo 8,0 cm, Turba al 1% 7,7 cm, para la turba al 2% 16,2 cm, para el ensayo con gramínea al 4% 10,4 cm y para el con leguminosa al 4% 15,5 cm.

Tabla 5. Conductividad eléctrica (µs/cm) a 0, 14, 28 y 42 días con los tratamientos

Tratamientos	Evaluaciones				Trta (prom)
	0	14	28	42	
Testigo	536 efg	494 de	556 fg	564 g	537 C
Turba (1%)	479 bcd	485 cde	502 def	510 defg	494 B
Turba (2%)	398 a	391 a	435 abc	429 ab	413 A
Gramínea (4%)	751 hi	777 ij	856 lm	890 lm	818 E
Leguminosa (4%)	720 h	781 hij	887 ij	921 m	827 E
Gram (2%) + Leg (2%)	721 h	766 ij	794 kl	818 jk	775 D
Evaluaciones (prom)	601 A	616 A	672 B	689 C	

Medias seguidas de la misma letra minúscula, no presentan diferencias estadísticas a 5% en la interacción entre los materiales orgánicos y la evaluación.

Medias seguidas de la letra mayúscula, no presentan diferencias estadísticas a 5% en el efecto principal para los materiales orgánicos o para las evaluaciones.



Tabla 6. pH del suelo a los 0, 14, 28 y 42 días después de la incubación

Tratamientos	Evaluaciones (días)				Trat. (prom)
	0	14	28	42	
Testigo	9,49 jkl	9,37 hijk	9,56 kl	9,69 lm	9,53 D
Turba (1%)	9,18 efgh	9,11 de	9,34 fghij	9,44 ijk	9,27 B
Turba (2%)	8,66 a	8,75 ab	8,88 bc	9,17 defg	8,86 A
Gramínea (4%)	9,15 def	9,35 ghij	9,51 jkl	9,83 m	9,46 CD
Leguminosa (4%)	9,09 de	8,98 cd	9,28 efghi	9,69 lm	9,26 B
Gram (2%) + Leg (2%)	9,28 efghi	9,26 efghi	9,46 ijk	9,76 m	9,44 C

La longitud de la raíz, midiendo desde el cuello del tallo hasta la cofia, de las plantas de soya fueron en promedio: Testigo 5,2 cm, Turba al 1% 5,0 cm, para la turba al 2% 7,0 cm, para el ensayo con gramínea al 4% 5.3 cm y para el con leguminosa al 4% 5,8 cm.

Tabla 7. Cationes solubles en el suelo al final de la incubación y 42 días después (Cmol/kg)

Tratamiento	Ca <sup>2+</sup>		Mg <sup>2+</sup>		K <sup>+</sup>		Na <sup>+</sup>	
	Final	Des	Final	Des	Final	Des	Final	Des
Testigo	1,02 a	1,02 a	0,44 bc	0,41 c	0,03 c	0,02 c	1,78 c	1,42 b
Turba (1%)	0,87 cd	0,89 bc	0,39 c	0,34 c	0,03 c	0,01 c	1,55 cd	1,14 d
Turba (2%)	0,46 d	0,48 c	0,70 abc	0,61 bc	0,01 c	0,01 c	1,48 d	1,02 d
Gramínea (4%)	0,77 bc	0,88 ab	0,77 ab	0,93 ab	0,16 a	0,12 a	2,82 ab	1,7 a
Leguminosa (4%)	1,00 a	1,02 a	0,83 a	0,89 ab	0,12 b	0,05 b	2,75 b	1,27 c
Gram(2%) + Leg(2%)	0,88 ab	0,94 a	0,93 a	0,99 a	0,14 a	0,08 b	3,09 a	1,73 a

Medias seguidas de la misma letra, no presentan diferencias estadísticas a 5% en cada columna

Los pesos secos de la parte aérea de las plantas de soya después de un secado por 24 horas en horno a 105 °C fueron en promedio: Testigo 42,5 mg, Turba al 1% 97,2 mg, para la turba al 2% 154,2 mg, para el ensayo con gramínea al 4% 97,8 mg y para el con leguminosa al 4% 102,2 mg.

Tabla 8. Cationes intercambiables en el suelo al final de la incubación y 42 días después (Cmol/kg)

Tratamiento	Ca <sup>+2</sup>		Mg <sup>+2</sup>		K <sup>+</sup>		Na <sup>+</sup>	
	Final	Des	Final	Des	Final	Des	Final	Des
Testigo	8,60 b	8,60 cd	2,60 d	2,40 b	0,17 d	0,26 d	5,32 bc	8,39 c
Turba (1%)	8,28 c	8,60 cd	2,85 c	2,50 b	0,19 d	0,21 d	5,14 cd	7,72 d
Turba (2%)	7,75 d	8,10 d	2,95 bc	2,60 b	0,18 d	0,26 d	4,95 d	6,17 f
Gramínea (4%)	8,93 a	10,00 a	3,13 b	3,80 a	1,43 a	1,64 a	5,66 ab	8,78 a
Leguminosa (4%)	8,82 a	9,00 bc	3,07 b	3,30 a	0,93 c	1,13 c	5,10 cd	7,50 e
Gram(2%) + Leg(2%)	8,91 a	9,50 ab	3,48 a	3,70 a	1,30 b	1,39 b	5,87 a	9,77 a

Medias seguidas de la misma letra, no presentan diferencias estadísticas a 5% en cada columna.

Los pesos secos peso seco de la raíz de las plantas de soya después de un secado por 48 horas en horno a 70 °C fueron en promedio: Testigo 32,5 mg, Turba al 1% 23,6 mg, para la turba al 2% 54,3 mg, para el ensayo con gramínea al 4% 35,5 mg y para el con leguminosa al 4% 42,7 mg.

## DISCUSIÓN

Los resultados que se muestran en la Tabla 3 indican un pH fuertemente alcalino, con una conductividad eléctrica (CE) de 330 µS/cm, los cationes intercambiables Ca, Mg y Na se encuentran en cantidades elevadas coincidiendo con la CE.

A partir de los valores de los cationes intercambiables, se calcula el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), obteniendo un valor de 24,6%. Los suelos que tienen un PSI mayor de 15% se clasifican como suelos sódicos (FUENTES, 1999).

Por lo general, se espera que, en suelos con buenas condiciones para el crecimiento de las plantas, el contenido de cationes corresponda al orden siguiente: Ca<sup>+2</sup> > Mg<sup>+2</sup> > K<sup>+</sup> > Na<sup>+</sup> (CASANOVA, 2005).

En relación con el fósforo, la materia orgánica y el nitrógeno, se encuentran en niveles de moderados a bajos, respectivamente, valores típicos de los suelos tropicales. En cuanto a la textura del suelo corresponde a franco limoso.

El monitoreo efectuado en periodos de 14 días después de la incubación del suelo, permite evidenciar que la conductividad eléctrica y el pH, fueron aumentando hasta los 42 días.

Con la aplicación de 2% de Turba, se observa una marcada reducción de la conductividad eléctrica en el suelo en comparación con los valores obtenidos en el testigo, el promedio general registra un valor de 413 µS/cm, se reduce en 120 µS en relación al valor observado en el suelo Testigo, 536 µS/cm. De igual manera, la aplicación de 1% de Turba al suelo 494 µS/cm, propicia la reducción de la conductividad eléctrica en 43 µS/cm menos que el Testigo.

La incorporación de materiales orgánicos frescos incrementó la conductividad eléctrica, alcanzando incrementos de hasta el 54% en relación al Testigo. Todos los tratamientos mostraron la misma tendencia a subir la conductividad eléctrica en el transcurso del tiempo. Sin embargo, la aplicación de materia orgánica estable (Turba), disminuye los valores de CE, que son inferiores a los valores por debajo de los valores del (Testigo).

En tanto que los materiales orgánicos frescos, en proceso de descomposición, mostraron un prominente ascenso de este parámetro del suelo, desde la primera hasta la cuarta evaluación.

En los promedios de las evaluaciones se observa que a los 0 y 14 días después de la incubación no hubo diferencia estadística, registrándose en ambas un pH de 9,14; a los 28 días se detecta incremento significativo a 9,33 de promedio general, porcentualmente se verifica un incremento de 2% en relación a las anteriores evaluaciones.

A los 42 días, el pH alcanza un valor de 9,6, superior en 5% con respecto a las dos primeras evaluaciones y 2,8% en relación la evaluación a los 28 días.

La aplicación al suelo de 2% de Turba contribuye a reducir el pH,

manteniéndose a lo largo de las cuatro evaluaciones. Si bien en este tratamiento se observa el incremento gradual de la reacción del suelo, éste siempre se mantuvo por debajo del Testigo y los otros tratamientos con materiales orgánicos. Comparando el valor promedio de este tratamiento (8,86) con el valor promedio del Testigo (9,53), se evidencia una reducción relativa en 7%.

Los cationes  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  y  $K^{+}$  en la solución y en el complejo de cambio no reportaron variaciones marcadas en el tiempo que dura las evaluaciones, en tanto que el  $Na^{+}$  intercambiable aumenta en los seis tratamientos. Los tratamientos con abonos verdes aumentaron significativamente este catión acentuando aún más los problemas del suelo.

En el contenido de Mg, se observa en la tabla 7, que únicamente la aplicación de Turba en 1% disminuye significativamente su concentración (0,39 Cmol/kg), los restantes tratamientos aumentaron el contenido de este catión en la solución del suelo en comparación con el Testigo. Un comportamiento similar se observa en la evaluación realizada a los 42 días, tabla 7.

El potasio (K) determinado inmediatamente después de la incubación, tabla 7, muestra una significativa y superior concentración en los tratamientos con materia orgánica fresca (Gramínea, Leguminosa y Gramínea + Leguminosa), los valores reportados fueron de 0,16; 0,12 y 0,14 cmol/kg frente a 0,03 registrado en el tratamiento Testigo.

A los 42 días, tabla 7, se verificaron valores inferiores a los reportados en la primera evaluación.

Los tratamientos con abonos verdes incrementaron significativamente la concentración del catión K en la solución del suelo, en tanto que la Turba en cantidades de 1 y 2% reportaron valores similares estadísticamente al Testigo.

Con relación a los resultados observados en el catión  $Na^{+}$ , tanto en la evaluación inmediatamente después de la incubación como a los 42 días, tabla 2, se evidencia que la incorporación de Gramínea y Gramínea + Leguminosa incrementaron significativamente la concentración en relación al valor observado en el Testigo.

Estos valores corresponden a 5,66 y 5,87 Cmol/kg (0 días) y 8,78 y 9,77 Cmol/kg (42 días). Cabe resaltar que los tratamientos con aplicación de Turba con 1 y 2% y Leguminosa 4%, redujeron los niveles de sodio en el suelo, en comparación con el Testigo, registrándose un rango de valores entre 4,95 a 5,14 Cmol/kg durante la evaluación de los 0 días, comparado al valor del suelo Testigo de 5,32; por su parte, estos mismos tratamientos a los 42 días alcanzaron valores en un rango de 6,17 a 7,72 Cmol/kg, siendo inferiores a 8,39 Cmol/kg evaluado en el Testigo.

Las características químicas del suelo determinantes de la salinidad/sodicidad (pH, CE, cationes intercambiables) fueron favorablemente reducidas por la incorporación de Turba

(materia orgánica humificada) en cantidades de 1 y 2% p/p, esta última redujo en mayor proporción estas características.

La CE, fue reducida significativamente en 23% por la incorporación de Turba en 2%, y en 8% por la mitad de la cantidad del mismo material. Por el contrario, la materia orgánica fresca, incrementa esta característica en más del 50% del valor original (Testigo), intensificando la degradación física del suelo.

Resultados similares a los encontrados en el presente trabajo fueron reportados por (GORDILLO & CHAVEZ, 2010) quienes, trabajando con residuos de caña de azúcar, encontraron valores de hasta 2000  $\mu S/cm$  después de 80 días de iniciado el compostaje; por su parte (POSSO A., 2010) encontró incrementos en los valores de CE en función del incremento de las dosis de compost incorporadas al suelo, variando desde 600 hasta 1600  $\mu S/cm$  con 2,5% hasta 10,0% de compost.

La conductividad eléctrica durante la descomposición de la materia orgánica está determinada por la naturaleza y composición del material, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso, generalmente tiende a aumentar debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento en la concentración de nutrientes, o un descenso, lo que puede deberse a fenómenos de lixiviación en la masa, (SÁNCHEZMONEDERO, ROIG, PAREDES, & BERNAL, 2001)

El desarrollo de las plántulas de soya en condiciones semicontroladas, fueron afectadas por la condición del suelo.

En todos los tratamientos se evidencia disminución en la germinación de las semillas.

El tratamiento con la mezcla de gramínea y leguminosa provoca una elevada sodicidad en el suelo causando la muerte de las plántulas, de 20 semillas sembrada, geminaron 3, sin embargo, no sobrevivieron. Similar situación se evidencia en el tratamiento donde se incorpora gramínea, se evidencia una germinación del 50%, sobreviviendo el 35%.

El crecimiento de las plántulas (altura y masa de la parte foliar y radicular) alcanza los registros más elevados con la aplicación de 2% de Turba y con el 4% de leguminosa. La altura de la parte aérea fue incrementada en 100% por estos dos tratamientos, en relación con las plántulas desarrolladas en el suelo Testigo; en tanto que la longitud de la raíz, fue favorecida en 35 y 11% respectivamente.

La masa foliar presenta similar tendencia a la observada en la altura. La alta concentración natural de sales presentes en el suelo (Testigo) y/o estimulada por la descomposición de los residuos orgánicos frescos de los abonos verdes (Leguminosas y Gramíneas) perjudica el normal desarrollo de la soya.

## REFERENCIAS

- ABRAHAM, E. (2014). [www.mendoza-conicet.gov.ar](http://www.mendoza-conicet.gov.ar). Obtenido de <https://www.mendoza-conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Deserti.htm>
- AGROES.ES. (2014). [www.agroes.es](http://www.agroes.es). Obtenido de <http://www.agroes.es/agricultura/abonos/100-enmiendas-organicas>
- AGROSAL. (2010). [www.agrosal.ivia.e](http://www.agrosal.ivia.e). Obtenido de <http://www.agrosal.ivia.es/factores.html>
- ARVINSES. (25 de 4 de 2014). [www.arvensis.com](http://www.arvensis.com). Obtenido de <https://www.arvensis.com/blog/el-suelo-salinidad-y-alcalinidad/>
- ASTIER, M., MERLIN-URIBE, Y., VILLAMIL ECHEVERRI, L., GARCÍARREAL, A., GAVITO, M., & MASERA, O. R. (2014). energy balance and greenhouse gas emissions in organic and conventional avocado orchards in Mexico. *Ecol. Indic.*, 43: 281-287.
- BELTRÁN-MORALES, F. A., GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L., VALDEZ-CEPEDA, R. D., MURILLO-AMADOR, B., TROYO-DIÉGUEZ, E., LARRINAGA, J., & BELTRÁN-MORALES, L. F. (2006). efecto de sistemas de labranza e incorporación de abono verde (*lablab purpureus* L.) sobre la respiración edáfica en un yermosol háplico. *interciencia*, 31:226-230. obtenido de efecto de sistemas de labranza e incorporación de abono verde (*lablab purpureus* L.) sobre la respiración e.

CITA



## REFERENCIAS

- BIOLOGÍA, C. Y. (2013). Suelos salinos: salinización y sodificación de suelos. Obtenido de <https://cienciaybiologia.com/suelos-salinos/>
- CABALLERO. (25 de enero de 2018). Información acerca del BPE-III. (A. Pérez, Entrevistador)
- CAMAGUEY. (2015). Salinización de los suelos. Eured, 2.
- CASANOVA, E. (2005). Introducción a las ciencias del suelo. caracas: cdch ucw.
- CEMPRO. (2013). [www.cempro.org.pe](http://www.cempro.org.pe). Obtenido de <http://www.cempro.org.pe/2011/11/paso-4-analisis-de-alternativas.html>
- CESPEDES, C. (2013). [www2.inia.cl](http://www2.inia.cl). Obtenido de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40198.pdf>
- CIMMYT, C. I. (1988). formulación de recomendaciones a partir de datos agronomicos: un manual metodologico de evaluación economica. mexico: folleto información no. 27 cimmyt.
- COMPANY, A. (07 DE 04 DE 2018). La degradación del suelo. Obtenido de [www.abc.com.py: http://www.abc.com.py/articulos/la-degradacion-delsuelo-910774.html](http://www.abc.com.py/articulos/la-degradacion-delsuelo-910774.html)
- CONEXIONESAN. (25 de 10 de 2016). [www.esan.edu.pe](http://www.esan.edu.pe). Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/10/el-ciclo-de-vida-delproyecto/>
- CONOCIMIENTOSWEB. (10 de 6 de 2013). [www.conocimientosweb.net](http://www.conocimientosweb.net). Obtenido de <http://www.conocimientosweb.net/dcm/ficha10317.html>
- DUGGAN, M. T. (29 de 1 de 2008). [www.madrimasd.org](http://www.madrimasd.org). Obtenido de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/01/29/83481>
- ECO. (2013). [www.ecoagricultor.com](http://www.ecoagricultor.com). Obtenido de <https://www.ecoagricultor.com/los-abonos-verdes-funciones-y-caracteristicas/>
- FAO. (2012). Obtenido de <http://www.fao.org/wairdocs/x5405s/x5405s07.htm>
- FAO. (2016). [www.fao.org](http://www.fao.org). Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>
- FERNÁNDEZ, J., HERNÁNDEZ, D., PLAZA, C., & POLO, A. (2007). organic matter in degraded agricultural soil amended with composted and thermal-dried sewage sludge. science of the total environment, 378:75-80.
- FERRUFINO, R. (2016). Administración agropecuaria. Santa Cruz.
- FUENTES, J. (1999). el suelo y los fertilizantes. madrid, españa: mundi prensa.
- GAD-SANTA CRUZ, S. D. (13 DE 02 DE 2011). fisiografía y aptitud de uso del suelo en el departamento de santa cruz. vol iii proyecto implementación del plan departamental de ordenamiento territorial. santa cruz de la sierra: dirección de ordenamiento territorial.
- GAMA, P., INANAGA, S., TANACA, K., & NAKASAWA, R. (2007). Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress. Afr. J. Biotechnol., 6 (2), 79-88.
- GARCIA, F., & ECHEVERRÍA, H. (2015). Fertilidad de Suelos y fertilización de Cultivos. Buenos Aires: EEA Balcarce.
- GORDILLO, F., & CHAVEZ, E. (2010). RESEARCHGATE. Recuperado el 25 de AGOSTO de 2018, de Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros: [https://www.researchgate.net/publication/41676503\\_Evaluacion\\_comparativa\\_de\\_la\\_calidad\\_del\\_compost\\_producido\\_a\\_partir\\_de\\_diferentes\\_combinaciones\\_de\\_desechos\\_agroindustriales\\_azucareros](https://www.researchgate.net/publication/41676503_Evaluacion_comparativa_de_la_calidad_del_compost_producido_a_partir_de_diferentes_combinaciones_de_desechos_agroindustriales_azucareros)
- HERNANDEZ AVERA, SOTO PEREZ, NATACHA, FLORIDO BACALLAO, MARYLIN. (2015). CULTIVOS TROPICALES. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/scielo.pahap>
- HERNANDEZ, J. (2011). recuperado el 15 de diciembre de 2017, de biorecuperacion de suelos salinos con el uso de materiales organicos. tesis doctoral: <http://revfacagronluz.org.ve/pdf/octubre-diciembre2013/v30n4a2013481503.pdf>
- INGENIOEMPRESA. (12 de 1 de 2017). [www.ingenioempresa.com](http://www.ingenioempresa.com). Obtenido de <https://ingenioempresa.com/analisis-de-alternativas/>
- KALIL P., S. P. (2007). recuperado el 23 de agosto de 2018, de seguimiento del proceso de humificación en compost: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis288.pdf>
- KAYMACANOVA, M. (2009). Effect of Salinity on Germination and Seed Physiology in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal Biotechnology and Biotechnological Equipment, volumen 23.
- LABRADOR M., J., GUIBERTEAU C., A., LOPEZ B., L., & REYES P., J. L. (2000). [www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es). Obtenido de [http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1993\\_03.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_03.pdf)
- MENDOZA, R. T. (2015). Bondades y debilidades de las zonas productoras de granos en Santa Cruz. ANAPO, 1.
- MILLIARIUM. (22 de 8 de 2016). <http://www.hablemosdelcampo.com>. Obtenido de <http://www.hablemosdelcampo.com/nuestro-planeta/la-salinizacion-un-problema-de-salud-de-los-suelos>
- ORSAG, V. (2010). Degradación de los suelos en el Altiplano Boliviano. JOURNAL, 4.
- ORSAG, V. (2011). El recurso Suelo Principios para su manejo y conservación. La Paz: Zeus.
- POSSO A., J. C. (2010). <http://bdigital.unal.edu.co>. recuperado el 12 de julio de 2018, de evaluación de diferentes dosis de compost y lombricompost aplicado al suelo de vivero de palma aceitera (elaeis guinensis): <http://bdigital.unal.edu.co/2728/1/juliocesarpossoagudelo.2010.pdf>
- PRAGER, M., SANCLEMENTE, O. E., SÁNCHEZ DE PRAGER, M., GALLEGU, J. M., & ÁNGEL, D. I. (2012). abonos verdes: tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. agroecología - murcia españa, 7:53-62.
- REDAGRICOLA. (3 de 2017). [www.redagricola.com](http://www.redagricola.com). Obtenido de <http://www.redagricola.com/cl/uso-materia-organica-microorganismos-manejointegrado-la-nutricion/>
- RUIZ, D. (23 de 03 de 2012). El 25% de los suelos agrícolas está degradado. EL DIA, pág. 1.
- SÁNCHEZ-MONEDERO, M., ROIG, A., PAREDES, C., & BERNAL, M. (2001). Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. Biores. Technol, 78(3):301-308.
- SERRATO SANCHEZ, R., ORTIZ, A., DIMAS LOPEZ, J., & BERUMEN, S. (2002). Aplicación del lavado y estiercol para recuperar suelos salinos en la comarca Lagunera, Mexico. Terra Latinoamericana, 20 (3), 329-336.
- SIERRA, C. (15 de ENERO de 2016). el mercurio campo. recuperado el 5 de marzo de 2018, de <http://www.elmercurio.com/campo/noticias/noticias/2015/07/07/la-importancia-de-las-enmiendas-organicas-en-los-suelos-parte-i.aspx>
- SIX, J., CONANT, R., PAUL, E., & PAUSTIAN, K. (2002). stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for c-saturation of soils. plant soil, 241:155-176.
- UNTERLADSTAETTER, R. (2015). Salinidad en los suelos puede causar pérdidas hasta el 100% en cultivos. Noti Bolivia Rural, 1.
- URIBE, L. (2012). Factores en la degradación del suelo. HORTALIZAS, 1.