

CONSORCIOS MICROBIANOS PARA LA RECUPERACION DE MUESTRAS DE SUELO SODICO-SALINOS DEL SITIO CORREAGUA-MANABÍ-ECUADOR

Piero Cristóbal Fajardo Navarrete¹, Johnny Manuel Navarrete Alava¹,
Emmanuel Geomar Haz Villamar², Diana Gissel Álava Chumo².

¹Laboratorio de Microbiología Área Agropecuaria, ²Carrera de Medio Ambiente
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Campus
Politécnico El Limón, ubicado en el km 2.7 vía Calceta- El Morro- El Limón, sector El Gramal.

Contacto: picrifana4@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue aplicar consorcios microbianos con bovinaza + cascarilla de arroz (BC), para recuperación de suelos sódico-salinos del sitio Correagua – Manabí, la muestra inicial tenía una Conductividad Eléctrica (CE) 50,37 dS/m, una Relación de Absorción de Sodio (RAS) de 22.57 y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de 18.41% , cada unidad experimental se constituyó en 6 Kg de suelo distribuidas en ocho tratamientos con cinco repeticiones para cada tratamiento: **T₁** = (*Trichoderma harzianum* + BC 0,5 %); **T₂** = *T. harzianum* + BC 1 %; **T₃** = (*Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* + BC 0,5%); **T₄** = (*P. lilacinus*, *M. anisopliae*, *B. bassiana* + BC 1 %); **T₅** = (*Azospirillum brasilense*, *Azotobacter choococcum*, *Lactobacillus acidophilus* y *Saccharomyces cerevisiae* + BC 0,5 %); **T₆** = (*A. brasilense*, *A. choococcum*, *L. acidophilus* y *S. cerevisiae* + BC 1 %); **T₇** = (Combinación de todos los microorganismos (CTM) + BC 0,5 %); **T₈** = (CTM + BC 1 %). Las variables evaluadas fueron: CE, Salinidad y la fertilidad del suelo de cada tratamiento en relación a la muestra. Los datos de CE se sometieron al análisis estadístico en InfoStat con prueba de significancia Duncan al 5% de probabilidad para CE, la salinidad con el RAS y PSI, la fertilidad con análisis realizados en INIAP- Pichilingue, los mejores resultados se obtuvieron con el **T₁** (con eficiencia de 79,58%) y **T₂** (80,50%) para todas las

variables en estudio, concluyendo que estas alternativas son eficaces para la recuperación de suelos sódico-salinos.

PALABRAS CLAVE

Suelos sódico-salinos, conductividad eléctrica, Bovinaza, cascarilla de arroz, cocteles microbianos.

ABSTRACT

The objective of this research was to apply microbial consortium with cow dung + rice husks (MC), for recovery of sodium-saline soils from the Correagua-Manabí site, the initial sample had an Electric Conductivity (EC) 50.37 dS/m, a Sodium Absorption Ratio (SAR) 22.57 and the Exchangeable Sodium Percentage (ESP) of 18.41%, each experimental unit was constituted on 6 Kg soil distributed in eight treatments with five repetitions for each treatment: **T₁** = (*Trichoderma harzianum* + MC 0,5 %); **T₂** = *T. harzianum* + MC 1 %; **T₃** = (*Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* + MC 0,5%); **T₄** = (*P. lilacinus*, *M. anisopliae*, *B. bassiana* + MC 1 %); **T₅** = (*Azospirillum brasilense*, *Azotobacter choococcum*, *Lactobacillus acidophilus* y *Saccharomyces cerevisiae* + MC 0,5 %); **T₆** = (*A. brasilense*, *A. choococcum*, *L. acidophilus* y *S. cerevisiae* + MC 1 %); **T₇** = (Combination of All Microorganisms (CAM) + MC 0,5 %); **T₈** = (CAM + MC 1 %). The variables evaluated were: CE, salinity, and the fertility of the soil of each treatment in relation to the sample. CE data were subjected to statistical analysis in InfoStat with test of significance Duncan 5% probability to CE, salinity with flush and ESP, the fertility with analyses performed at INIAP - Pichilingue, the best results were obtained with the **T₁** (with 79.58% efficiency) and **T₂** (80.50%) for all the variables under study, concluding that these alternatives are effective for the recovery of sodium-saline soils.

KEY WORDS

Sodium-saline soils, electric conductivity, cow dung, rice husk, microbial cocktail.

INTRODUCCION

La salinización y la alcalinización (sindicación o dosificación) de los suelos agrícolas son quizás los problemas más serios que enfrenta la agricultura de nuestros días, la aceleración de estos procesos se debe a la intensificación global de la desertificación, al bombeo indiscriminado de agua para riego en zonas cercanas al mar y a la introducción masiva de sistemas de riego, GAT Fertilíquidos (2014), estiman que el área total de suelos salinos en el mundo es de 397 millones de hectáreas. Así mismo, establecieron que, de 230 millones de tierra irrigada, 40 millones de hectáreas son suelos afectados por la salinización, correspondiente al 19% Goykovic y Saavedra (2007); esto se origina a la falta de conciencia ambiental y de la explotación del manejo irracional de los recursos hídricos, además de otros factores edafoclimáticos que influyen directamente sobre la salinidad de los suelos (Piedra y Cepero, 2013).

Una parte importante de los mismos se encuentran en los trópicos húmedos en condiciones climáticas adecuadas para la producción de cultivos; alrededor del 4% de las tierras de América Latina es de carácter salino (Acosta *et al.*, 2003).

En Ecuador la salinidad de los suelos se presenta de forma natural o inducida por altos niveles de explotación agrícola. Los cultivos comerciales son afectados por las sales que causan la reducción del número de hojas, del crecimiento y del rendimiento productivo de estos (Goykovic y Saavedra, 2007).

Investigaciones realizadas para diagnosticar la salinidad de los suelos agrícolas en área bajo riego en el Ecuador, demostró que se debe a altas concentraciones de cloruros de Ca, Mg y Na, Mg, relacionadas con la génesis del suelo y acrecentando por el mal manejo de agua y labranzas. Según el TULSMA (2015), caracteriza como suelos sódico-salinos, a aquellos cuya conductividad eléctrica de los extractos de saturación exceden los 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$,

la Relación de Absorción de Sodio (RAS) es alto o mayor a 13 y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) es alto o mayor a 15.

En Manabí el excesivo manejo agrícola, ha contribuido en gran manera a incrementar la salinización de los suelos; en este sentido, no se conocen informes sobre este fenómeno, salvo las opiniones de agricultores, quienes manifiestan la imposibilidad de utilizar suelos que generaciones anteriores, es decir, los cultivaron normalmente (PROGRESAM, 2005).

Los suelos del sitio Correagua que se encuentra entre los cantones Portoviejo y Sucre, de la provincia de Manabí, se han presentado problemas potenciales de salinización, debido a los monocultivos de ciclo corto en especial arroz, ya que hace algún tiempo presentan inconvenientes de infertilidad debido a las sales acumuladas y más aún al ser irrigados con agua salinas aumentado estos niveles (Fajardo, 2013).

De acuerdo con objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir se debe “*garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global*”, sustentando en el art. 14 de la Constitución de la República del Ecuador 2008, donde *se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay*, por lo que la búsqueda de alternativas que ayuden a disminuir el problema de salinización de los suelos es necesaria para asegurar la seguridad alimentaria García (2003) y por tanto, el buen vivir (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013).

El tratamiento de suelos salinos con alternativas biológicas pretende bajar los niveles de saturación de salinidad (Na, K, Mg, Ca) haciendo referencia a las tablas de niveles permisibles de los elementos presentes en el suelo publicado en CSR Servicios (2006). Esta investigación se justifica porque se permitirá devolver el recurso suelo con la utilización un coctel microbiano y compost (*in vitro*) para la recuperación de estos suelos sódicos-salinos, de esta forma mejorar las propiedades, físicas y biológicas del suelo y evitando el deterioro de los mismos, el cual es vital importancia para los agricultores y sostenibilidad del

ecosistema existente en esa zona, puesto que es su fuente principal de ingreso generando un impacto positivo a nivel social.

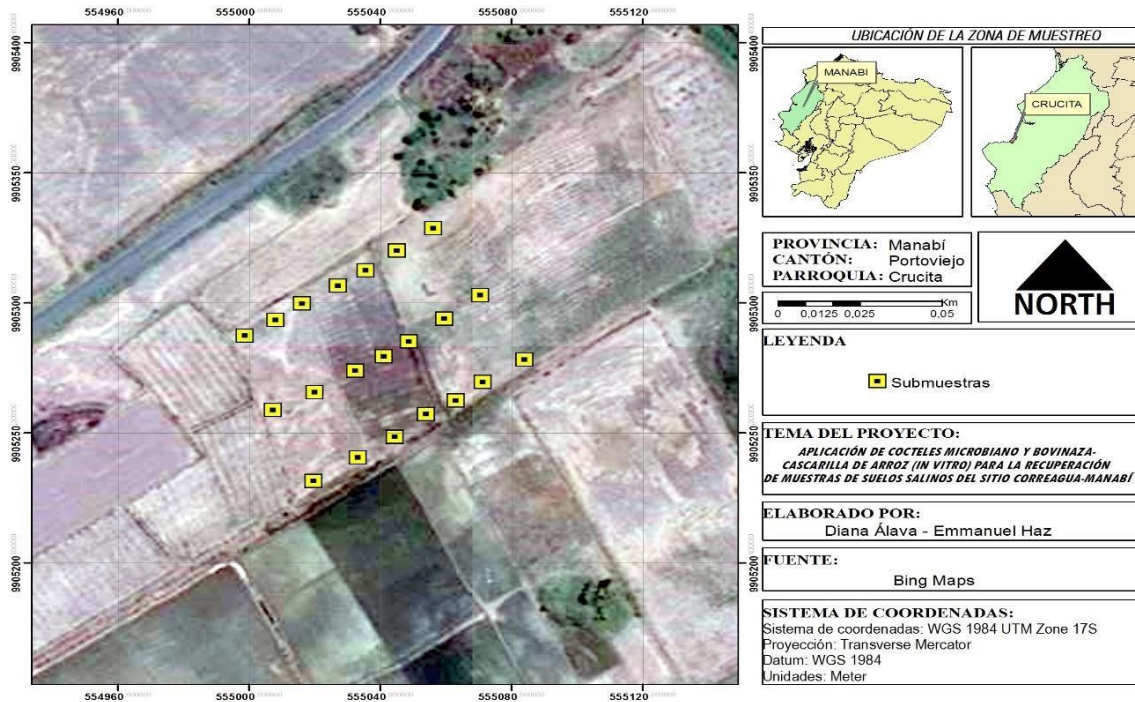
La presente investigación promueve resolver la problemática de estos suelos sódicos-salinos mediante la aplicación de métodos de biorremediación, con el uso de consorcios de microorganismos benéficos en el sitio Correagua, Parroquia Crucita, Cantón Portoviejo de la provincia de Manabí, Ecuador y de esta manera también devolver la esperanza a los pequeños y medianos productores de esta zona afectada, abarcando un total de 3000 ha dedicadas al cultivo de arroz por década, divididas en 8 asociaciones y por ende mejorar la calidad de vida de este grupo; con esta alternativa se mejora la salud de los suelos y la fertilidad por acción de los microorganismos benéficos utilizados, recuperando notablemente las condiciones de estos agro ecosistemas y mejorando el medio ambiente agredido por este monocultivos y uso irracional de agroquímicos . A partir de estos antecedentes se plantea la siguiente pregunta:

¿El tratamiento in vitro con consorcios microbianos y bovinaza-cascarilla de arroz reducirá la sodicidad y salinidad en las muestras de suelos del Sitio Correagua-Manabí-Ecuador?

MATERIALES Y METODOS

UBICACIÓN

El presente trabajo se realizó con muestras de suelo tomadas del sitio Correagua-Manabí-Ecuador con una longitud de 556618 m este y latitud de 9907104 m Sur donde se tomaron las muestras para su posterior análisis en el Laboratorio de microbiología de la carrera de Pecuaria en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí ESPAM MFL e INIAP-Pichilingue (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias).



DURACIÓN

El trabajo tuvo una duración de 9 meses que comprendió de dos fases, la primera fue la fase de planificación en los meses octubre 2015 hasta marzo 2016 y la segunda, la fase de ejecución en los meses de abril hasta agosto 2016.

FACTORES EN ESTUDIO

- Factor A. Microorganismos
- Factor B. Bovinaza + cascarilla de arroz

NIVELES DE ESTUDIO

Niveles de estudio

Microorganismos Bovinaza /Cascarilla de arroz

E1 *Thichoderma harzianum* (TrichoD)

B1 0,5% (50%; 50%)

E2 *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*
(MicosPlag)

E3 *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter choococcum*, *Lactobacillus acidophilus* y *Saccharomyces cerevisiae* (Bacthon)

B2 1% (50%; 50%)

E4 Combinación de las anteriores (E1+E2+E3)

TRATAMIENTOS

Tratamientos

0,5 % B1 1 % B2

Tratamiento 1= E1B1 Tratamiento 2= E1B2

Tratamiento 3= E2B1 Tratamiento 4= E2B2

Tratamiento 5= E3B1 Tratamiento 6= E3B2

Tratamiento 7= E4B1 Tratamiento 8= E4B2

B1: 0.5% (50% Bovinaza + 50% Cascarilla de arroz)

B2: 1% (50% Bovinaza + 50% Cascarilla de arroz)

DISEÑO EXPERIMENTAL

Cuadro 01.- Dentro de la investigación se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con 5 réplicas.

Diseño experimental del trabajo:

FV	GL
Microorganismos	3
Concentraciones de bovinaza	1
Bovinaza x ME	3
Error	32
Total	39

UNIDAD EXPERIMENTAL

Se utilizó un recipiente plástico de 0,01 m³ Fajardo (2013) donde se colocaron las muestras de suelo, microorganismos Maldonado *et al.* (2010), la bovinaza Pérez *et al.* (2010) y cascarilla de arroz como lo indican cada uno de los tratamientos.

VARIABLES EN ESTUDIO

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Se tomó datos de la conductividad eléctrica ($\mu S/cm$) GAT Fertilíquidos (2014) utilizando un potenciómetro de mesa a cada uno de los tratamientos con sus respectivas réplicas.

SALINIDAD

Sé realizó un análisis en INIAP-Pichilingue de extracto de pasta de suelo para determinar la salinidad, incluido el RAS y PSI, antes y después a cada uno de los tratamientos.

Los análisis de cationes y aniones solubles en suelos salinos y sódicos se realizan, generalmente, para determinar el contenido de sales totales; la composición de sales presentes; y las relaciones entre la concentración total de cationes y otras propiedades de las soluciones salinas, tales como la conductividad eléctrica y la presión osmótica; además, brinda información sobre la composición de los cationes intercambiables en el suelo, los cationes y aniones comúnmente determinados en suelos salinos y sódicos son Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , $\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y Cl^- . Ocasionalmente se determinan también NO_3^- y SiO_2 soluble (Manzano *et al.* 2014).

FERTILIDAD DEL SUELO

Sé realizó un análisis de suelo en INIAP-Pichilingue, para determinar la fertilidad del suelo antes y después de aplicados los tratamientos, para los siguientes elementos: Nitrato de Amonio (NH_4), Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para realizar el análisis estadístico se utilizará el software o paquete estadístico InfoStat versión 2015, solo para los datos de conductividad eléctrica (CE)

PROCEDIMIENTO

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SUELOS DEL SITIO CORREAGUA

A través de esta fase, se obtuvo información referente al estado actual de los suelos y la producción agrícola de la zona de estudio, esto se logrará mediante las actividades descritas a continuación.

ACTIVIDAD 1. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

A través de la visita de campo se constató que el sitio Correagua presenta suelos con capas salinas arcillosas de coloración blanca mediante la observación de los lotes. Además, se tomó la opinión de los mayores productores de cultivos de arroz del sitio Correagua, sobre el uso de agroquímicos para el control de plagas, fertilización de los cultivos y agua utilizada para el riego.

ACTIVIDAD 2. TOMA DE MUESTRAS DE SUELO

Para la elección del lote se consideró la opinión de la población del sitio Correagua y aspectos como la carencia de vegetación, apariencia del suelo y accesibilidad. La muestra se tomó en el área (lote) de mayor afectación. Se seleccionó como método de muestreo de suelos la bandera inglesa, que de acuerdo a Sosa (2012) es un método con el que se obtienen muestras representativas de la zona de estudio; se seleccionaron 21 puntos como se observa en el ítem ubicación de la investigación, donde se tomaron 12,6 Kg de muestras de suelo a una profundidad de 5-30 cm, se mezclaron entre sí Fals *et al.* (2015), hasta obtener una muestra homogénea de 252 kg. Una vez obtenidas las muestras éstas se trasladaron al área agrícola de la ESPAM MFL donde se las preparó (proceso de secado, filtrado y etiquetado), para los análisis físicos-químicos correspondientes.

ACTIVIDAD 3. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE LOS SUELOS EN EL LABORATORIO DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP-Pichilingue).

Se tomó 1 kg de suelo de la muestra total y se le realizó análisis de extracto de pasta de suelo para determinar la salinidad y los nutrientes disponibles en estos suelos, y así conocer la su situación inicial y tener un punto de partida en la investigación, esta muestra fue enviada a los laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP-Pichilingue),

IMPLEMENTACIÓN DE LAS DOSIS RESPECTIVAS PARA CADA TRATAMIENTO EXPUESTO

ACTIVIDAD 4. APLICACIÓN DE LAS DOSIS DE ACUERDO AL PROCESO DEL TEMA PROPUESTO

Se revisó informaciones bibliográficas (Aguirre y Tijerina, 2014) para establecer la dosis idónea a utilizar en los tratamientos. La dosis obtenida se moldeó a cada uno los tratamientos descritos (Hernández, 2003).

Varias metodologías fueron adaptadas a la investigación propuesta, lo que permitió analizar de manera más eficiente los procesos de remediación de suelos Sódico-Salinos. Debido a que la especificación de aplicación del consorcio microbiano se realiza por hectárea y la aplicación de los tratamientos por Kg se llevó a escala laboratorio donde se determinó el peso de una hectárea de terreno, mediante la siguiente ecuación (Ferlini, 2008):

$$Wha = 10000m^2 \times Pex \times \rho a$$

Donde,

Wha = Peso de 1 hectárea

Pex=Profundidad de extracción (m)

ρa =Densidad Aparente (kg /m³)

Considerando que el área en la cual se tomó las muestras 1 *ha* (10000 *m*²), y, la profundidad de extracción de 0,20 m, se obtienen 2'540.000 Kg de suelo por hectárea y además la densidad aparente es de 1,27 *g/cm*³.

ACTIVIDAD 5. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS A SER ANALIZADOS DURANTE EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Previo a la aplicación de los tratamientos se adecuó la unidad experimental (se dividió un recipiente plástico de 20 litros para obtener 2 recipientes de 10 litros cada uno), se pesaron con 5.97 para el tratamiento 0.5% (cascarilla- bovinaza) 0.03 g y 5.94 para el tratamiento 1%(cascarilla-bovinaza) 0.06 g de suelo para

cada unidad experimental en una balanza tipo reloj, además se preparó una mezcla de 2,5 kg de bovinaza y 2,5 kg de cascarilla de arroz y se añadió a cada unidad experimental 0,03 g y 0,06 g de esta mezcla. Luego se dosificó de acuerdo a los tratamientos (0,5 y 1 %) como corresponde, con la siguiente fórmula propuesta por (Fajardo, 2013):

Factor C = PM (% de dosis por unidad experimental).

Dónde:

PM = peso de la muestra

Factor C = %Bovinaza + %cascarilla de arroz

Para la aplicación de las dosis adecuadas de los siguientes productos comerciales: TrichoD, MicosPlag y Bacthon para cada tratamiento o unidades experimentales, se utilizó una regla de tres simple.

Para TrichoD y MicosPlag:

*g de TrichoD y MicosPlag * Kg de unidad experimental*

Kg de suelo por hectárea

Para Bacthon sc.:

*ml de Bacthon sc * Kg de unidad experimental*

Kg de suelo por hectárea

A continuación, se detalla el cálculo de la dosis idónea para cada tratamiento:

Cuadro 02.- Dosis para los tratamientos que se les añadió 0,5% de bovinaza y cascarilla de arroz.

Tratamientos	Microorganismos	99,50%	0,50 %		100 %
		Muestra de suelo	% 50 de Bovinaza	% 50 de cascarilla de arroz	Unidades Experimentales
T1	<i>Trichoderma harzianum</i>	A	B	C	D
T3	<i>Paecilomyces lilacinus, Metarhizium anisopliae, Beauveria bassiana</i>	A	B	C	D
T5	<i>Azospirillum brasilense, Azotobacter chroococcum, Lactobacillus acidophilus y Saccharomyces cerevisiae</i>	A	B	C	D
T7	Combinación de todos los microorganismos	A	B	C	D

*A: Kg de suelo; B: Kg de bovinaza; C: Kg de cascarilla de arroz; D: unidad experimental

Cuadro 03.- Dosis para los tratamientos que se les añadió 0,5% de bovinaza y cascarilla de arroz

Tratamientos	Microorganismos	99,00 %	1,00 %		100 %
		Muestra de suelo	% 50 de Bovinaza	% 50 de cascarilla de arroz	Unidades Experimentales
T2	<i>T. harzianum</i>	A	B	C	D
T4	<i>P. lilacinus, M. anisopliae, B. bassiana</i>	A	B	C	D
T6	<i>A. brasilense, A. chroococcum, L. acidophilus y S. cerevisiae</i>	A	B	C	D
T8	Combinación de todos los microorganismos	A	B	C	D

*A: Kg de suelo; B: Kg de bovinaza; C: Kg de cascarilla de arroz; D: unidad experimental

Estas dosis se calcularon con la finalidad de utilizarlas como lo expresan cada uno de los tratamientos y sus respectivas réplicas. Para homogenizar cada una de las unidades experimentales se procedió a humedecer la tierra, para aplicar los 8 tratamientos. Posteriormente se midió la variable físicas Conductividad

Eléctrica en un intervalo de tiempo de 7, 14, 21 y 28 días después de haber aplicado los tratamientos para observar y analizar el comportamiento de la muestra del suelo frente al tratamiento.

Y al final de esta evaluación se enviaron las muestras de cada uno de los tratamientos a realizar un análisis de extracto de pasta para determinar la salinidad y también la fertilidad.

DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS

ACTIVIDAD 6. REALIZACIÓN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICA

Se determinó el mejor tratamiento, mediante la observación de los resultados y un análisis estadístico utilizando paquete estadístico InfoStat versión 2015. Para el cálculo de la salinidad se aplicó la misma fórmula expuesta en la actividad 3.

ACTIVIDAD 7. EFICIENCIA DE RECUPERACION DE SUELOS SODICOS-SALINOS.

Es la capacidad que tiene un tratamiento para cumplir apropiadamente la función de remediar un suelo sódico-salino, se evalúa en relación a la disminución de la Conductividad Eléctrica (CE) en el suelo, esta fue adaptada de la fórmula original expresada por Olea, (2013) para determinar eficiencia de remoción de carga orgánica de aguas residuales, con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{CEo \text{ Antes del Tratamiento} - CE \text{ Despues del tratamiento}}{CEo \text{ Antes del tratamiento}} \times 100$$

Dónde:

E= Eficiencia

CEo= Lectura de CE de la muestra de suelo inicial.

CE= Lectura de CE luego del tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 04.- ANALISIS DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

*Análisis estadístico de las variables – Conductividad Eléctrica

Tratamientos	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)			
	7 días	14 días	21 días	28 días
T1 = <i>T. harzianum</i> + BC al 0.5 %	48,40 a	35,24 a	53,04 a	18,46 a
T3 = <i>P. lilacinus</i> , <i>M. anisopliae</i> , <i>B. bassiana</i> + BC al 0.5 %	55,18 ab	46,28 ab	51,08 a	19,90 ab
T2 = <i>T. harzianum</i> + BC al 1 %	57,40 abc	45,64 ab	47,60 a	18,70 ab
T4 = <i>P. lilacinus</i> , <i>M. anisopliae</i> , <i>B. bassiana</i> + BC al 1 %	69,44 abc	60,22 abc	52,36 a	24,04 ab
T6 = <i>A. brasilense</i> , <i>A. choococcum</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>S. cerevisiae</i> + BC 1 %	76,32 bcd	64,88 bc	50,28 a	28,54 ab
T8 = Combinación de todos los microorganismos + BC 1 %	78,00 bcd	79,44 c	52,86 a	27,96 ab
T5 = <i>A. brasilense</i> , <i>A. choococcum</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>S. cerevisiae</i> + BC 0.5 %	79,06 cd	65,62 bc	43,34 a	28,54 ab
T7 = Combinación de todos los microorganismos + BC 0.5 %	92,68 d	63,90 abc	47,42 a	32,82 b
C.V.	16,03	24,94	31,93	28,02

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En primera instancia se observa que los procesos en donde actual los hongos, empiezan la disminución de sales rápidamente como se observa en el cuadro y los que utilizan bacterias únicamente, en cambio, necesitan un tiempo para realizar el proceso de estabilización López, *et al.* (2006) y posteriormente realizan una degradación rápida de las sales presentes en el suelo. Durante la primera semana de evaluación la conductividad eléctrica (CE) aumento a valores por encima de 50 dS/m (valor de la CE del suelo antes de la aplicación de los tratamientos), esto posiblemente a que las sales contenidas en la bovinaza aportadas al suelo a través del abono, aumentando la concentración salina del suelo y la CE (Manzano *et al.* 2014).

A los 7 días el tratamiento con mejor promedio fue el T1 (*T. harzianum* + BC al 0.5 %) y el mayor fue el T8 (Combinación de todos los microorganismos + BC 1 %). El día 14, por el contrario, el tratamiento que presentó mejor promedio fue el T8 y por el contrario el peor promedio el T3. A los 21 días el T8 presento el mejor promedio de CE y el menor fue el T2. En la cuarta semana (28 días), la

conductividad eléctrica disminuyó con la aplicación de los tratamientos de 50 dS/m hasta valores inferiores a 28,54 dS/m el T6 y el que reportó mayor disminución fue el T2 con 18,70 dS/m.

Estos resultados coinciden con los reportados por Otero *et al.* (2006) relación con la aplicación de tratamientos biológicos en suelos salinos y sódicos, con bajos niveles de producción. A pesar de que no se logró alcanzar límites bajos en el suelo, si se disminuyó su concentración hasta límites en que las plantas cultivadas aporten rendimientos económicamente viables Chávez, (2011), el valor de CE es influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas.

A mayor valor de CE, mayor es la salinidad presente Rebolledo, (2002), durante los monitoreos se observó una disminución paulatina de la conductividad eléctrica, por lo que se considera que los tratamientos aplicados son efectivos en el tratamiento de suelos.

DETERMINACION DE SALINIDAD POR EXTRACTO DE PASTA DE SUELO (LUEGO DE 28 DÍAS DE TRATAMIENTO) Resultado de Análisis (INIAP-Pichilingue)

De acuerdo a los análisis de extracto de pasta de suelo para determinar la salinidad, realizados en el INIAP Estación Experimental Pichilingue el valor de conductividad eléctrica es de 50,37 y todos los elementos son sumamente altos, lo cual según su interpretación representa la existencia de suelos sódico-salinos, la salinidad de suelos está determinada por la conductividad eléctrica, siendo muy salino si la conductividad supera los 4 dS/m, además se observa que la CE (Conductividad Eléctrica) supera los rangos establecidos por Pernasetti (2010) y de manera similar Kochba *et al.* (2004) Mencionan, que si la conductividad del extracto de saturación es mayor que 4 dS/m y el pH es menor a 8,5 es un suelo salino-sódico, estos reducen la cosecha de numerosos cultivos, por la toxicidad de las sales, De la Rosa (2008), que es uno de los principales factores edáficos que limitan la producción de cultivos y la calidad ecológica del ambiente en el suelo Owojoro *et al.* (2008) y Liang (2005). Pero

luego de ser sometidos a cada uno de los tratamientos en estudio bajaron significativamente, como se muestra en el cuadro 05., que el T2 fue el más eficiente ya que de los elementos evaluados fue el que mostro rangos más bajos, pero el resto de tratamientos también funcionaron notablemente, el T2 fue el mejor debido a que el *T. harzianum* tiene alta capacidad de adaptación al medio y condiciones en que se desarrollará, sumado también a que este tratamiento tiene mayor cantidad de materia orgánica (Fajardo, 2013).

CUADRO 05.- CUADRO COMPARATIVO ENTRE UN ANALISIS PREVIO A LOS TRATAMIENTOS Y LUEGO DE SER APLICADO LOS TRATAMIENTOS.

TRATAMIENTOS	C.E. dS/m	meq/L							
		K ⁺	Ca	Mg	Na	CO3	HCO3	SO4	Cl
ANALISIS PREBIO A TRATAMIENTOS	50,37	6,06	91,1	156	251	0,00	13,04	18,21	472,7
T₁ = (<i>Trichoderma harzianum</i> + BC 0,5 %)	10,21	2,43	29,5	18,7	51	0,00	5,76	9,31	85,82
T₂ = (<i>T. harzianum</i> + BC 1 %)	9,75	2,81	28,7	18,20	47,4	0,00	6,00	12,24	79,64
T₃ = (<i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Beauveria bassiana</i> + BC 0,5%)	11,64	2,93	29,6	20,2	63,9	0,00	5,76	40,21	69,83
T₄ = (<i>P. lilacinus</i> , <i>M. anisopliae</i> , <i>B. bassiana</i> + BC 1 %)	10,76	2,85	28,8	20,1	55,3	0,44	5,00	4,73	96,52
T₅ = (<i>Azospirillum brasilense</i> , <i>Azotobacter chroococcum</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> y <i>Saccharomyces cerevisiae</i> + BC 0,5 %)	10,61	2,91	29,5	21,4	52,6	0,00	7,36	13,40	85,43
T₆ = (<i>A. brasilense</i> , <i>A. chroococcum</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>S. cerevisiae</i> + BC 1 %)	11,54	2,95	33,9	20,20	57,5	0,00	7,92	8,13	98,61
T₇ = (Combinación de todos los microorganismos (CTM) + BC 0,5 %);	10,37	2,84	28,3	18,7	52,4	0,00	7,44	7,18	94,80
T₈ = (CTM + BC 1 %)	11,31	2,87	29,1	21,1	58,6	0,00	6,88	6,71	97,15

*Resultados de la muestra antes de ser sometidas a los tratamientos

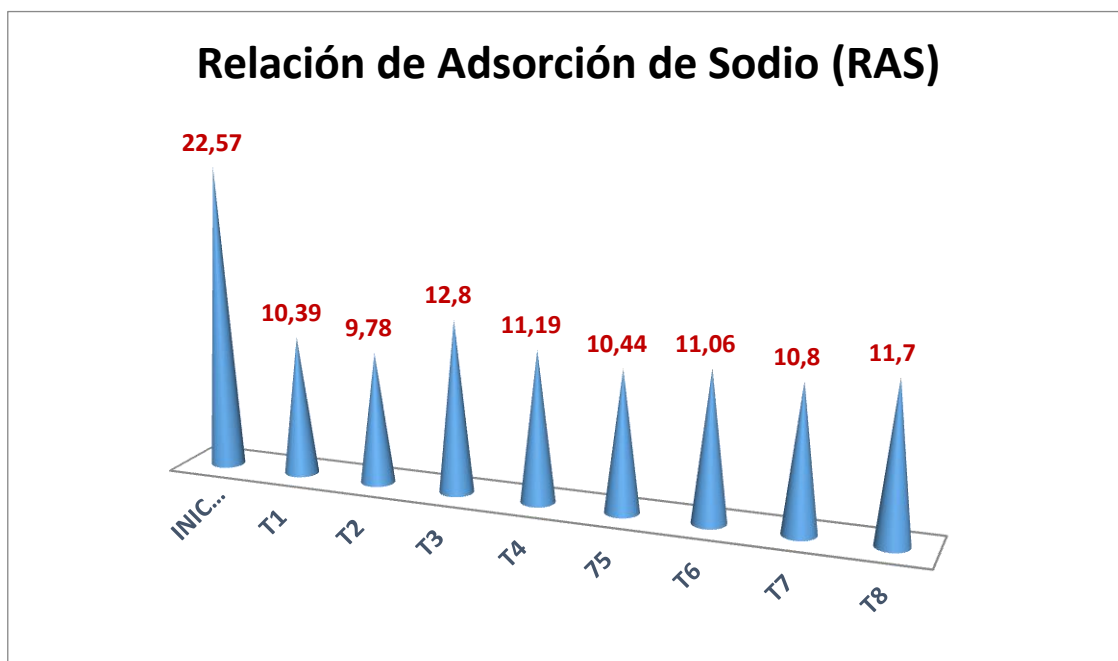
*Color rojo rango más bajo

*Color verde 2do rango más bajo

El sodio se encuentra en el suelo en estado combinado y principalmente en forma de sales, un exceso de sodio en el suelo provoca un deterioro de sus propiedades físicas y químicas e impacta directa o indirectamente en el rendimiento de los cultivos, ya que tiene efectos dispersantes sobre los coloides de suelo, afectando su estructura y permeabilidad, sus efectos no

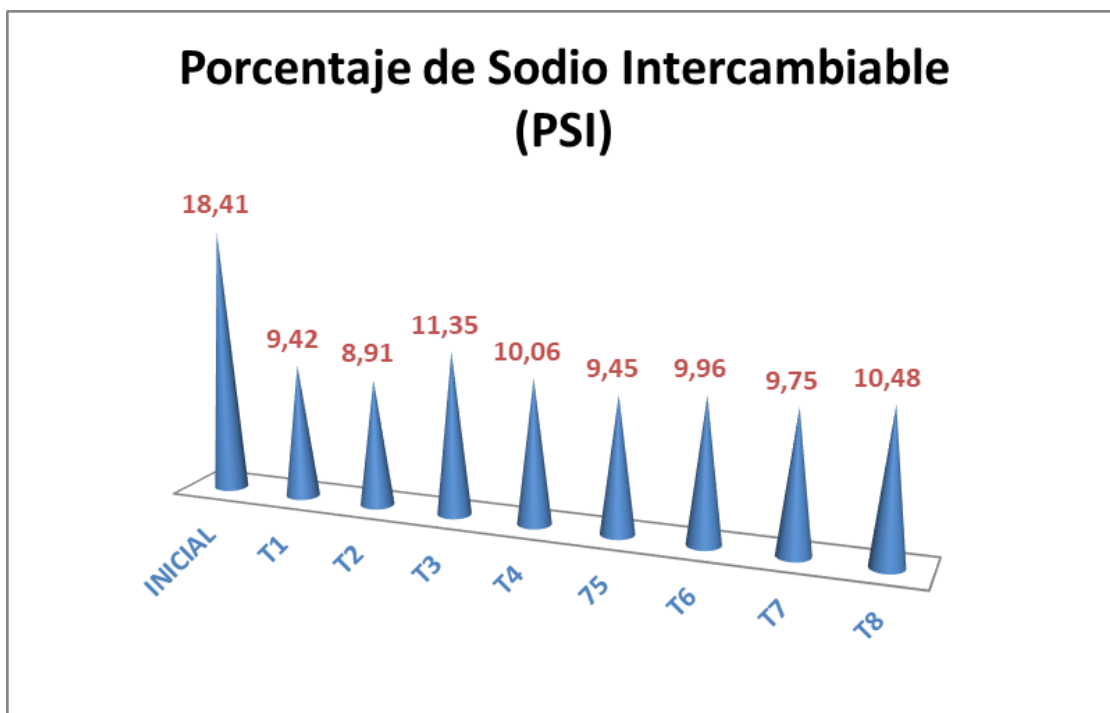
dependen sólo de su propia concentración, sino también de la del resto de cationes, Jaschek (2016), tal como se observa en el cuadro 05, que la cantidad de sales es muy alta y por esta razón estos suelos ya están infértiles, pero con esta alternativa tienen una oportunidad de recuperar su fertilidad y equilibrio natural.

FIGURA 01.- DETERMINACION DE LA SALINIDAD DEL SUELO POR VALORES DEL RAS.



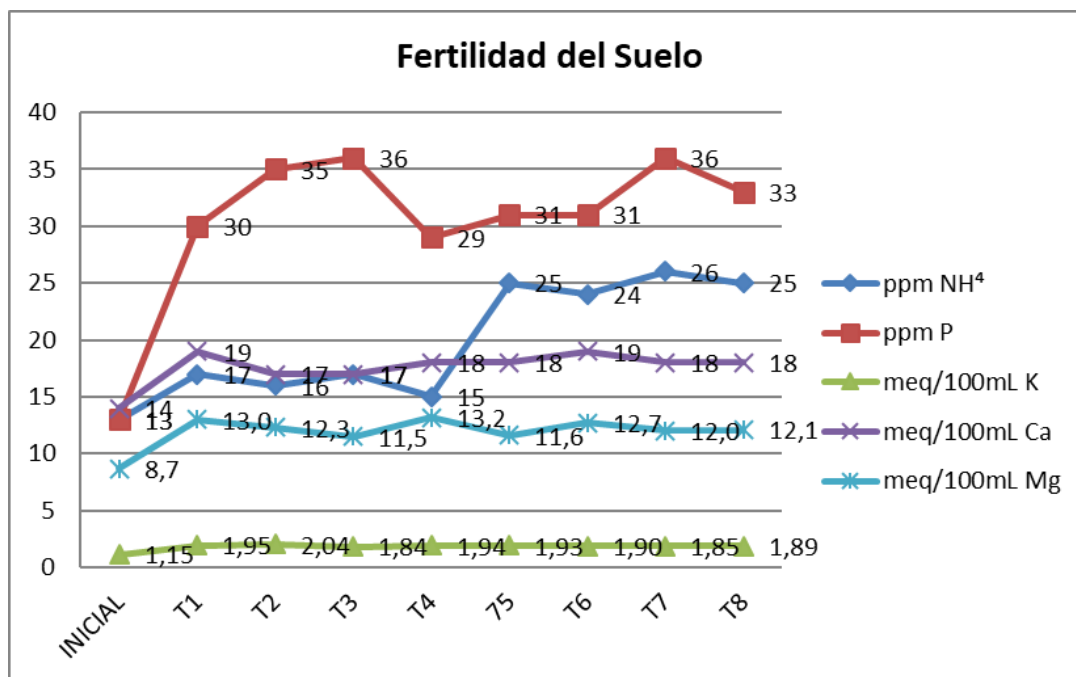
El RAS no es otra cosa que la proporción relativa en que se encuentra el sodio respecto al calcio y el magnesio, cationes divalentes que compiten con el sodio por los lugares de intercambio del suelo, según Richards *et al.* (1954). En la figura 01, podemos observar como el RAS estaba muy elevado por efecto de la alta acumulación de sodio y como disminuyó con cada uno de los tratamientos, pero el rango más bajo lo muestra el tratamiento 2 con 9.78 y el mayor el tratamiento 3 con 12.8, pero todos se encuentran en un rango menor a 13 donde se lo considera suelo salino, pasando de un suelo sódico-salino a salino tal como lo manifiesta GAT Fertilíquidos (2014), es decir que bajaron los niveles de sodio en 28 días de tratamiento, esto significa que este suelo mejoró su estructura y permeabilidad.

FIGURA 02.- DETERMINACION DE LA SALINIDAD DEL SUELO POR VALORES DEL PSI.



Con los valores que muestra la figura 02, y considerando lo que manifiesta Monssoud (1971), citado por Jaschek (2016) que podemos clasificar suelos según su PSI en Suelos moderadamente sódicos aquellos que tienen un PSI entre rangos de 15-20 como se observa en el análisis inicial previo a los tratamientos que tiene un rango de 18.41, pasando a ligeramente sódico con rangos entre 7-15 que es el rango en que se encuentran los resultados de todos los tratamientos luego de 28 días, esto quiere decir que estas muestras mejoraron notablemente con cada uno de los tratamientos.

FIGURA 03.- COMPORTAMIENTO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN ESTA INVESTIGACION POR NUTRIENTES DISPONIBLES.



La figura 03 nos muestra cómo se mejoraron los niveles de nutrientes disponibles en cada uno de los tratamientos, en especial la disponibilidad de Fosforo (P), y de nitrato de amonio (NH₄) en especial en el T5, T6, T7 y T8 y esto se debe a que estos tratamientos contaban con bacterias captadoras de nitrógeno de vida libre, como son el *A. brasilense*, *A. choococcum* mejorando la disponibilidad de Nitrógeno en estos tratamientos, como se puede observar en la figura que los niveles de nutrientes disponibles en la muestra inicial están muy por debajo de aplicados los tratamientos por un periodo de 28 días, siendo los microorganismos benéficos utilizados en esta investigación de gran ayuda y alternativa sostenible para mejorar las condiciones de fertilidad de suelos sódico-salinos y salino. Para mejorar la disponibilidad de P los que mejor se comportaron fueron los tratamientos 3 y 7. Pero en términos generales siguen siendo los mejores en tratamiento 1 y 2.

CUADRO 06. EFICIENCIA EN PORCENTAJE (%) DE CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS EN LA RECUPERACION DE SUELOS SODICOS-SALINOS.

Tratamientos	CEo Inicial (dS/m)	CE Final (dS/m)	Eficiencia (%)
TRATAMIENTO 1	50	10,21	79.58
TRATAMIENTO 2	50	9.75	80.50
TRATAMIENTO 3	50	11,64	76.72
TRATAMIENTO 4	50	10,76	78.48
TRATAMIENTO 5	50	10,61	78.78
TRATAMIENTO 6	50	11,54	76.92
TRATAMIENTO 7	50	10,37	79.26
TRATAMIENTO 8	50	11,31	77.38

En el cuadro 06 podemos observar que el tratamiento más eficiente fue el 2 con un 80.50 %, seguido del tratamiento 1 con un 79.58 %, teniendo en cuenta que estos dos tratamientos están conformados por *Trichoderma harzianum* con diferentes porcentajes de materia orgánica, siendo el T2 en mejor con el 1% de cascarilla + bovinaza el de mayor eficiencia.

CONCLUSIONES

- Entre las principales causas de la sodicidad y salinidad del suelo encontradas en el sitio Correagua está la utilización de aguas salinas provenientes del drenaje subterráneo para el riesgo de los cultivos, el monocultivo por décadas, el uso irracional de fertilizantes sintéticos y agroquímicos que han eliminado la fauna y flora del suelo, lo que ha ocasionado la acumulación de sales en la superficie del suelo, este fenómeno se refleja en el crecimiento de los cultivos en parches, disminuyendo la productividad del área y afectando la economía de las comunidades aledañas. Los análisis que se realizaron al suelo del sitio Correagua indicaron que presenta alta salinidad con un pH ligeramente alcalino, lo cual disminuye la permeabilidad y la aireación de este.
- La bovinaza y la cascarilla de arroz son sustratos orgánicos importantes para la recuperación de suelos salinos. El estiércol de bovino mejora la estructura del suelo, además de incrementar su permeabilidad e incorporar

nutrientes al suelo. La dosis adecuada para cada tratamiento de enmiendas orgánicas (Bovinaza + cascarilla de arroz) según la fórmula aplicada fue de 30 g y 60 g de cada componente respectivamente, concluyendo que entre mayor cantidad de materia orgánica se incorpore a un suelo es mucho mejor, como lo demuestra en T2 con el 1% de materia orgánica.

- De acuerdo al análisis estadístico realizado se constató que los tratamientos con mayor eficiencia son el T1 (*T. harzianum* y 0,5% bovinaza/cascarilla de arroz) con un porcentaje de eficiencia de 79,58% y T2 (*T. harzianum* y 1% bovinaza/cascarilla de arroz), con un 80,5% de efectividad y los procedimientos que obtuvieron mayor acción fueron en los que se aplicaron las dosis de *T. harzianum*. Estos tratamientos además poseen un costo de aplicación en campo comprendido entre \$766,00 del T1 y \$446,00 del T2 por hectárea por lo que es factible su aplicación en zonas donde la principal causa de la infertilidad de los suelos es la sodicidad y salinidad.

LITERATURA CITADA

Acosta, Y., Paolini, J., Flores, S., Benzo, Z., Zauahre, M., Toyo, L. & Sénior, A. (2003). Evaluación de metales pesados en tres residuos orgánicos de diferente naturaleza. *Revista Multiciencias*, 3(1):12-16.

Aguirre, A. & Tijerina, J. (2014). *Redacción de Documentos Científicos Basados en el Estilo APA*. México: Universidad Politécnica de Chihuahua.

CSR Servicios. (2006). Recuperado el 27 de octubre de 2015, de Laboratorio de Análisis Agrícolas.: www.csrservicios.es

Chávez, L. (2011). La selección de variedades tolerantes. Una alternativa para la rehabilitación de suelos afectados por la salinidad. *Revista Granma Ciencia*, 15(3): 1-10.

De la Rosa, D. (2008). Evaluación agroecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible. Madrid: Mundi Prensa-Madrid.

Fajardo, P. (2013). Cultivo de arroz orgánico con uso de patos y biotecnológicos. Universo, El Productor. Recuperado el 20 de octubre de 2015, de www.elproductor.com

Fals, E., Molina, L., Rizo, M. & Vuelta, D. (2015). Evaluación de la solarización, la biofumigación y la biosolarización en el control de nematodos en el cultivo de la habichuela (*vigna unguiculata*). Revista Vuelta-Lorenzo (4): 26-36.

Ferlini, H. (2008). SUELO: Conocerlo para cuidarlo. Buscagro.

García, A. (2003). Manejo de suelos con acumulación de sales. VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Palmira - Colombia.

GAT Fertilíquidos. (2014). Salinidad en cultivos agrícolas. España: Gatifertilíquidos.

Goykovic, C. & Saavedra, R. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. Revista IDESIA, 25(3): 2-8.

Hernández, R. (2003). Metodología de la investigación. Mc Graw Hill.

Jaschek, J. (2016). Medidas de Sodicidad: RAS y PSI. Poster

Kochba, M., Ritvo, G. & Avnimelech Y. (2004): The effect of municipal solid waste compost (msw) on the replacement of sodium in sodic soil models. Soil Science. 169(8):567-572.

Liang, Y. (2005). Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization. Revista Soil Biology & Biochemistry, 37(6): 1185-1195.

López, L., Quintero, G., Guevara, A., Jaimes, A., Gutiérrez, S. & Miranda, J. (2006). Bioremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo. *Revista NOVA*, 4(5): 84 - 85.

Maldonado, E., Rivera, M., Izquierdo, F. & Palma, D. (2010). Efectos de rizosfera, microorganismos y fertilización en la biorremediación y fitorremediación de suelos con petróleos crudo nuevo e intemperizado. *Universidad y ciencia*, 26(2): 121-136.

Manzano, J., Rivera, P., Briones, E. & Zamora, C. (2014). Rehabilitación de suelos salino-sódicos: estudio de caso en el distrito de riego 086, Jiménez, Tamaulipas, México. *Revista Terra Latinoamericana*, 32(3); 211-219.

Owojoro, O., Reinecke, A. & Rozanov, A. (2008). The combined stress effects of salinity and copper on the earthworm *Eisenia fetida*. *Revista Elsevier*, 41(3): 277-285.

Otero, L., Gálvez, V., Navarro, N., Díaz, G., Rivero, L. & Vantour, A. (2006). Contribución de las fracciones adsorbentes al intercambio catiónico de suelos arroceros de la llanura sur Habana-Pinar del Río. *Revista Terra Latinoamericana*, 24: 9-15.

Olea, R. (2013). Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Coatepec, Veracruz. (En línea).MX. Consultado, 23 de jul. 2017. Formato PDF. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/33930/1/oleamadrugarosa.pdf>.

Pérez, C., Ricardo, C., Vertel, A. & Melba, M. (2010). Caracterización nutricional, físicoquímica y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agro ecosistemas de pasturas en la subregión Sabanas del departamento de Sucre, Colombia. *Revista Tumbaga*, 5: 27-37.

Piedra, A. & Cepero, M. (2013). Cultivos Tropicales. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. Revista SciELO, 34(4): 11-18.

PROGRESAM. (2005). Consejo Provincial de Manabí, Dirección de Gestión Ambiental. Obtenido de Consejo Provincial de Manabí, Dirección de Gestión Ambiental.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). Plan Nacional del Buen Vivir. Quito.

Sosa, D. (2012). Técnica de toma y remisión de muestras de suelo. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

TUSLMA. (2015). LIBRO VI ANEXO 2: Margen de calidad establecidos por la Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y criterio de remediación para suelos contaminados.