



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE MEDIO AMBIENTE

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN MEDIO AMBIENTE**

TEMA:

**APLICACIÓN (IN VITRO) DE CONSORCIOS DE
MICROORGANISMOS Y *Azolla caroliniana* PARA RECUPERACIÓN DE
SUELOS SALINOS EN MUESTRAS DEL SITIO CORREAGUA-
MANABÍ**

AUTORES:

JEFERSON GABRIEL DELGADO ZAMBRANO

JOSÉ ANDRÉS ROBALINO ZAMBRANO

TUTOR:

ING. FRANCISCO JAVIER VELÁSQUEZ INTRIAGO, M.Sc.

CALCETA, JUNIO 2017

DERECHOS DE AUTORÍA

Jeferson Gabriel Delgado Zambrano y José Andrés Robalino Zambrano, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

JEFERSON G. DELGADO ZAMBRANO

JOSÉ A. ROBALINO ZAMBRANO

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Francisco Javier Velásquez Intriago, M.Sc., certifica haber tutelado la tesis **APLICACIÓN (IN VITRO) DE CONSORCIOS DE MICROORGANISMOS Y *Azolla caroliniana* PARA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS EN MUESTRAS DEL SITIO CORREAGUA- MANABÍ**, que ha sido desarrollada por **Jeferson Gabriel Delgado Zambrano** y **José Andrés Robalino Zambrano**, previo la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. FRANCISCO J. VELÁSQUEZ INTRIAGO, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **APLICACIÓN (IN VITRO) DE CONSORCIOS DE MICROORGANISMOS Y *Azolla caroliniana* PARA RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS EN MUESTRAS DEL SITIO CORREAGUA- MANABÍ**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Jeferson Gabriel Delgado Zambrano y José Andrés Robalino Zambrano, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. MARÍA M. DELGADO DEMERA, M.Sc.
MIEMBRO

ING. JULIO A. LOUREIRO SALABARRÍA, M.Sc.
MIEMBRO

ING. CARLOS F. SOLÓRZANO SOLÓRZANO, M.Sc.
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” por ofrecernos una educación superior de calidad con la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales y morales.

A nuestro Tribunal de Grado Ing. Carlos Solórzano Solórzano, M.Sc., Ing. Julio Loureiro Salabarría, M.Sc. e Ing. Margarita Delgado Demera, M.Sc. por su aporte intelectual en el desarrollo de esta investigación.

A nuestros queridos docentes y de manera especial a nuestro Tutor Ing. Francisco Velásquez Intriago M.Sc., Cotutor Ing. Piero Fajardo Navarrete, Ing. Katty Paola Ormaza e Ing. Diego Zambrano Pazmiño quienes nos guiaron con sus conocimientos.

A cada una de las personas y amigos que nos apoyaron en todo momento, testigos fehacientes del esfuerzo dedicado a esta tesis de grado.

Los Autores

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico con mucho amor y cariño:

A Dios por ser mi fortaleza y ser mi guía espiritual.

A mis padres Gabriel y Georgina por apoyarme en los momentos donde más los necesité y guiarme por el camino correcto.

A Yulay mi esposa por impulsarme a seguir adelante y a mi hijo Didier por llenarme de fuerzas y amor.

A mi querida tia Antonia por su amor y apoyo incondicional siempre.

A mis hermanos Geisson y Jeikoll por su fe depositada en mi.

Jeferson Delgado Z.

Esta tesis se la dedico con aprecio y cariño:

A Dios por ser mi guía espiritual.

A mis padres José y Martha por apoyarme en la consecución de mis metas.

A mi hermana Sofía y a mis compañeros de aula por ser fuente de motivación profesional.

José Robalino Z.

TABLA DE CONTENIDOS

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
TABLA DE CONTENIDOS	vii
CONTENIDO DE GRÁFICOS, CUADROS Y FIGURAS	x
CUADROS	x
GRÁFICOS.....	x
RESÚMEN	xii
ABSTRACT	xiii
1. CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4 HIPÓTESIS.....	4
1.4.1 VARIABLE DEPENDIENTE.....	4
1.4.2 VARIABLE INDEPENDIENTE	4
2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 ASPECTOS CONCEPTUALES	5
2.2 TRATAMIENTO DE SUELOS.....	5
2.3 SUELOS SALINOS.....	5
2.4 SUELOS SÓDICOS.....	5
2.5 EL EFECTO DE LAS SALES EN EI SUELO	6
2.5.1 EFECTO BÁSICO DE LAS SALES	6
2.5.2 EFECTOS DE LA SALINIDAD EN LAS PLANTAS.....	6
2.6 CAUSAS DE LA SALINIDAD DE LOS SUELOS	7
2.7 CARACTERÍSTICAS E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS SALINO- SÓDICOS.....	8
2.8 CONSORCIO MICROBIANO.....	9

2.9 CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROORGANISMOS Y AZOLLA CAROLINIANA.....	9
2.9.1 <i>Azolla caroliniana</i>	9
2.9.2 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	10
2.9.3 <i>Trichoderma harziaum</i>	10
2.9.4 <i>Lactobacillus acidophilus</i>	10
2.9.5 <i>Bacillus ácidolácticos</i>	11
2.9.6 <i>Bacillus sp.</i>	11
2.10 FACTOR EN ESTUDIO	11
2.11 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DEL SITIO CORREAGUA.....	12
2.12 TOMA DE MUESTRA	12
2.12.1 TIPOS DE MUESTRA.....	12
2.13 pH	13
2.14 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	13
2.15 SALINIZACIÓN	13
2.15.1 INDICADORES DE SALINIDAD	14
2.16 CATIONES Y ANIONES SOLUBLES	14
2.17 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO CIC	14
2.18 COEFICIENTE DE VARIACIÓN	16
3. CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	17
3.1 UBICACIÓN	17
3.2 DURACIÓN.....	17
3.3 DISEÑO DE LOS TRATAMIENTOS	17
3.3.1 FACTOR EN ESTUDIO	17
3.3.2 NIVELES EN ESTUDIO.....	17
3.3.3 MATERIAL EXPERIMENTAL	17
3.3.4 UNIDAD EXPERIMENTAL	17
3.3.5 TRATAMIENTOS.....	18
3.3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	18
3.4 VARIABLES A MEDIR	18
3.4.1 pH.....	18
3.4.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	19
3.4.3 SALINIDAD.....	19

3.5 PROCEDIMIENTO.....	19
3.5.1 FASE 1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE SALINIDAD DE LOS SUELOS EN EL SITIO CORREAGUA	19
3.5.2 FASE 2. ESTABLECIMIENTO DE LAS DOSIS DE LOS CONSORCIOS MICROBIANOS Y <i>Azolla caroliniana</i> EN LAS MUESTRAS DE SUELOS SALINOS	21
3.5.3 FASE 3. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LOS TRATAMIENTOS	22
4. CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1 FASE 1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	24
4.1.1 Actividad 1. Reconocimiento del área de estudio	24
4.1.2 Actividad 2. Toma de muestras mediante el método compuesto – muestreo en x o bandera inglesa.	24
4.1.3 Actividad 3. Análisis de las muestras de los suelos en el Laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).....	25
4.2 FASE 2. ESTABLECIMIENTO DE LAS DOSIS DE LOS CONSORCIOS MICROBIANOS Y <i>AZOLLA CAROLINIANA</i> EN LAS MUESTRAS DE SUELOS	26
4.2.1 Actividad 4. Selección y adaptación de la metodología	26
4.2.2 Actividad 5. Aplicación de las dosis en los tratamientos durante el proceso de investigación	26
4.3 FASE 3. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LOS TRATAMIENTOS.	28
4.3.1 Actividad 6. Análisis Físicos (pH, conductividad eléctrica y salinidad)...	28
4.3.2 Actividad 7. Eficiencia de los tratamientos aplicados.....	31
4.3.3 Actividad 7. Análisis económico de los tratamientos.	32
5. CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
5.1 CONCLUSIONES	35
5.2 RECOMENDACIONES.....	35
6. BIBLIOGRAFÍA	36
ANEXOS	42
Anexo 1	43
Anexo 2	45

Anexo 3.....	46
--------------	----

CONTENIDO DE GRÁFICOS, CUADROS Y FIGURAS

CUADROS

Cuadro 2.1 Interpretación de la conductividad eléctrica. Ecuador (Barriga, 2003).....	13
Cuadro 2.2. Indicadores de salinidad (Pernasetti, 2010).....	14
Cuadro 2.3 Capacidad de intercambio catiónico según la naturaleza de las partículas.....	15
Cuadro 2.4. Capacidad de intercambio catiónico de acuerdo a la textura del suelo.....	15
Cuadro 2.5. Rango de Aceptabilidad de los CV de acuerdo a ensayos agrícolas.....	16
Cuadro 3.1 Niveles en estudio.....	17
Cuadro 3.2 Descripción de los tratamientos.....	18
Cuadro 3.3 Esquema del análisis de varianza (ADEVA).....	18
Cuadro 4.1 Puntos Georeferenciados tomados en el sitio Correagua-Manabí.....	24
Cuadro 4.2. Características físicas y químicas del suelo del sitio Correagua. 26	
Cuadro 4.3 Comportamiento de la CE después de la aplicación de los tratamientos.....	28
Cuadro 4.4 Comportamiento de la salinidad después de la aplicación de los tratamientos.....	29
Cuadro 4.5 Eficiencia de los tratamientos aplicados en función de la Salinidad.....	31
Cuadro 4.6 Costos de aplicación de los tratamientos por hectárea.....	33

GRÁFICOS

Gráfico 4.2 Comportamiento de la CE después de la aplicación de los tratamientos.....	28
--	----

Gráfico 4.3 Comportamiento de la salinidad después de la aplicación de los tratamientos.....	29
Gráfico 4.4 Comportamiento del pH después de la aplicación de los tratamientos.....	30
Gráfico 4.5 Eficiencia de los tratamientos aplicados en función de la salinidad en las muestras de suelo.	31

FIGURAS

Figura 4.1. Mapa Georeferenciado de los 20 puntos tomados en el sitio Correagua- Manabí	25
---	----

RESÚMEN

El objetivo de esta investigación fue aplicar consorcios de microorganismos y *Azolla caroliniana* (*in vitro*) para la recuperación de suelos salinos en muestras tomadas del sitio Correagua-Manabí, para lo cual se realizaron análisis físicos (pH y conductividad) y la salinidad se la obtuvo mediante una ecuación matemática, el ensayo constó de 5 tratamientos y 5 réplicas y se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), los tratamientos fueron: T1= 6 kg de suelo salino (SS) + *Saccharomyces cescerevisiae*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus acidolacticos* (EM) + *Azolla caroliniana* (AC); T2= 6 kg SS + *Bacillus subtilis*, *Bacillus laterosporus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilos* (B5) + AC; T3= 6 kg SS + *Trichoderma harzianum* (Th) + AC; T4= 6 kg SS + EM + B5 + AC; T5= 6 kg SS + EM + B5 + Th + AC. Se realizaron análisis de pH y conductividad eléctrica (CE) cada 8 días por un período de 5 semanas; y el cálculo de la salinidad mediante una ecuación, posteriormente se tabularon los datos obtenidos mediante el uso del Software InfoStat para obtener los tratamientos idóneos y por último se realizó la prueba de significancia por Tukey al 5% dando como resultado que los mejores tratamientos en reducir la salinidad fueron el T1 (con eficiencia de 57,79%), T3 (57,73%) y T5 (55,29%), concluyendo que estas alternativas son eficaces para la recuperación de suelos salinos.

PALABRA CLAVES: Conductividad eléctrica, pH, tratamientos, muestras.

ABSTRACT

The research aimed saline soils microorganisms consortium and *Azolla caroliniana* (in vitro) on samples taken from Correagua-Manabí, for the purpose analysis was carried out (pH and conductivity) and the salinity was gotten through a mathematical equation, the trial comprised 5 treatments and five replicates, and the statistics were analyzed through a completely randomized design design (CRD), the treatments were: T1 = 6 kg of saline soil (SS) + *Saccharomyces cescerevisiae*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus acidolacticos* (MS) + *Azolla caroliniana* (AC); T2 = 6 kg SS + *Bacillus subtilis*, *Bacillus laterosporus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilos* (B5) + AC; T3 = 6 kg SS + *Trichoderma harzianum* (Th) + AC; T4 = 6 kg SS + MS + B5 + AC; T5 = 6 kg SS + MS + B5 + Th + AC. pH and electrical conductivity analysis were conducted every 8 days for 5 weeks; subsequently, data was tabulated by means of the statistical software InfoStat. Finally; treatment differences were determined using Tukey 5% test. The results showed that the best treatments to reduce soil salinity were T1 (57.79% off efficiency), T3 (57.73%) and T5 (55.29%), concluding that these treatments are effective for remediating saline soils.

KEYWORDS: Electrical conductivity, pH, treatments, samples.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La salinización de los suelos es uno de los problemas más graves a los que se enfrenta la agricultura a nivel mundial, presentando la acumulación de grandes cantidades de sales solubles, sodio intercambiable o ambos, de tal manera que afecta la productividad (Rengasamy, 2006). Se estima que más de 800 millones de hectáreas en el planeta están afectadas por sales (Munns *et al.*, 2005), de éstas 397 millones presentan problemas de salinidad y 434 millones condiciones asociadas a sodicidad (FAO, 2000), con causas vinculadas al empleo excesivo de fertilizantes, uso de agua con exceso de sales, drenaje inadecuado y tala indiscriminada de bosques.

En América Latina se estima que el 4% de las tierras son de carácter sódico, salino o ambos (Fassbender y Bornemisza, 1994) de los cuales 129 millones de hectáreas se localizan en América del Sur (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, 1997). Según el TULAS (2003) los suelos salinos son aquellos cuya conductividad eléctrica de los extractos de saturación exceden los 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el porcentaje de sodio intercambiable es menor a 15, comúnmente la lectura del pH no excede los 8,5.

En Ecuador los cultivos comerciales son afectados por las sales que causan la reducción del número de hojas, el crecimiento y rendimiento productivo de los cultivos (Proaño *et al.*, 2011). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (1994), menciona que las principales zonas de producción del Ecuador son las provincias de Manabí, Guayas y Santa Elena, de las cuales las más afectadas por salinización se encuentran en la provincia de Santa Elena y parte de la provincia del Guayas, además de otros sectores de la zona costera ecuatoriana (Clirsen, 2010). En Manabí el excesivo manejo agrícola, ha contribuido en gran manera a incrementar la salinización de los suelos; en éste sentido, no se conocen informes sobre este fenómeno, salvo las opiniones de agricultores, quienes manifiestan la imposibilidad de utilizar los

suelos que generaciones anteriores los cultivaron normalmente (PROGRESAM , 2005).

El Sitio Correagua de la Parroquia Crucita del Cantón Portoviejo cuenta con suelos para producción agrícola especialmente de ciclo corto que desde hace algún tiempo presentan inconvenientes de infertilidad debido a las sales acumuladas (Fajardo, 2013), y más aún con tendencia a seguir aumentando los niveles, siempre y cuando no se desarrollen alternativas de remediación que evite esta desventaja. A partir de estos antecedentes nos planteamos la siguiente pregunta:

¿La aplicación (*in vitro*) de consorcios de microorganismos y *Azolla caroliniana* de qué manera repercutirá en la recuperación de suelos salinos en muestras del Sitio Correagua- Crucita?

1.2 JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con el Plan Nacional del Buen Vivir en el objetivo 7 en concordancia con el Art. 14 de la Constitución de la República del Ecuador “*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 tanto, la búsqueda de alternativas que disminuyan el problema de salinización de los suelos es necesaria, con una posibilidad de solución mediante la utilización de métodos de bioremediación, basados en resolver problemas de manera biológica obteniendo resultados positivos y brindando una alternativa sostenible y amigable con el ambiente como lo manifiesta el régimen de desarrollo en el artículo 276 ítems 4. Del Sumak Kawsay donde menciona *la recuperación y conservación de la naturaleza y mantenerla en un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.* En investigaciones realizadas por López *et al.*, (2006) la salinidad influye negativamente en la mayoría de las especies de gramíneas y leguminosas, disminuyendo en 50 % sus rendimientos, evidenciando una reducción del

crecimiento y del desarrollo (Mesa D. , 2003), afectando los costos de producción (Lamzy González, 2013) pues además necesita prácticas especiales para su mejoramiento y manejo.

Esta investigación se justifica porque permitirá optimizar la calidad del recurso suelo con la utilización de cocteles de microorganismos compuesto por levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), bacterias (*Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus acidolacticos*), hongo (*Trichoderma harziaum*) y helecho acuático (*Azolla caroliniana*) de forma (*in vitro*), aunque ya se han utilizado para remediar suelos contaminados con hidrocarburos y plaguicidas, se emplearon para remediar suelos afectados por sales, mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas evitando su deterioro, ya que es un elemento de vital importancia para la sostenibilidad de los ecosistemas, la producción agrícola y la calidad de vida de los habitantes de la zona.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Aplicar consorcios de microorganismos y *Azolla caroliniana* (*in vitro*) para la recuperación de suelos salinos en muestras del sitio Correagua- Crucita- Manabí.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la situación actual de salinidad de los suelos del sitio Correagua, parroquia Crucita, cantón Portoviejo.
- Establecer las dosis de los consorcios microbianos y *Azolla caroliniana* en las muestras de los suelos salinos.
- Determinar la eficiencia en los tratamientos de los consorcios microbianos y *Azolla caroliniana* en las muestras de suelos del sitio Correagua.

1.4 HIPÓTESIS

La aplicación (*in vitro*) de un consorcio de microorganismos y *Azolla caroliniana* recuperará positivamente las muestras de suelos salinos del Sitio Correagua-Crucita-Manabí.

1.4.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Recuperación de suelos salinos.

1.4.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Consortios de microorganismos y *Azolla caroliniana*.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ASPECTOS CONCEPTUALES

2.2 TRATAMIENTO DE SUELOS

Según FAO (2015), los tratamientos de suelos son el conjunto de procedimientos que mediante la contención, retirada o destrucción de las sustancias contaminantes, permite la recuperación total o parcial de las funciones de suelo.

2.3 SUELOS SALINOS

Se considera que un suelo es salino cuando la concentración de sales solubles, principalmente cloruros y sulfatos (en casos extremos nitratos) de sodio (Na), calcio (Ca) y magnesio (Mg), en la zona de raíces alcanza niveles muy altos que impiden el crecimiento y producción óptimo de las plantas. Se desarrollan preferentemente en aquellas regiones en donde las lluvias son insuficientes para compensar las pérdidas de agua causadas por la evapotranspiración. También se pueden desarrollar en regiones húmedas bajo condiciones de alta demanda evaporativa, nivel freático superficial y la actividad humana (Mashal *et al.*, 2011)

2.4 SUELOS SÓDICOS

Se conoce como sódicos a aquellos suelos de las regiones semiáridas, semihúmedas y húmedas en los cuales predominan el ión Na^+ en el complejo de cambio. En éstas condiciones el pH es alto y se deterioran las condiciones físicas del suelo por dispersión de las arcillas, lo que afecta la capacidad para conducir agua y gases. Al mismo tiempo, se presentan desbalances nutricionales que afectan los cultivos (Mashal *et al.*, 2011)

2.5 EL EFECTO DE LAS SALES EN EL SUELO

2.5.1 EFECTO BÁSICO DE LAS SALES

La interacción entre la solución del suelo y las partículas de suelo depende del tipo y cantidad de arcillas presentes. Cuando una arcilla expandible (como las del grupo de esmectitas) se humedece, el agua penetra entre las láminas de la arcilla y las separa. El grado de expansión depende del tipo de cationes intercambiables presentes y de la concentración de éstos en la solución del suelo (Mashal *et al.*, 2011).

2.5.2 EFECTOS DE LA SALINIDAD EN LAS PLANTAS

La salinidad de los suelos afecta la germinación, el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Su efecto negativo se debe principalmente a dos componentes: el osmótico y el iónico. El primero se deriva de la dificultad que tienen las plantas para tomar agua de un suelo salino (por la disminución del potencial hídrico del suelo); mientras que el segundo radica en la toxicidad iónica que puede provocar un exceso de sales en el interior de la célula (Munns y Tester, 2008).

Las plantas han desarrollado la capacidad de detectar tanto el componente osmótico como el iónico del estrés salino (Deinlein *et al.*, 2014). El estrés reconocido activa señales de transducción que transmiten información entre células individuales y a través de toda la planta, como consecuencia, se producen alteraciones de la expresión génica a nivel celular, que influyen en el metabolismo y desarrollo de toda la planta (Buchanan *et al.*, 2015). Sin embargo, la resistencia o sensibilidad a un estrés depende de la especie, el genotipo y la edad de la planta; así como de las características de severidad, duración y número de exposiciones (Buchanan *et al.*, 2015). Munns y Tester (2008) indican que existe una división general de las plantas de acuerdo con su tolerancia a la salinidad: halófitas (flora natural de suelos altamente salinos) y glicófitas (plantas sensibles a la salinidad); en este último grupo se incluyen muchas de las especies comestibles (Gili *et al.*, 2004).

2.6 CAUSAS DE LA SALINIDAD DE LOS SUELOS

El origen de las sales es un factor a conocer dentro del análisis del estatus salino de una región. Las sales solubles presentes en la superficie terrestre, dejando a parte la actividad volcánica y los aportes cósmicos, han podido tener un origen marino, litológico o antrópico (Villa, 2002).

Los suelos salinos en la mayoría de los casos se encuentran en áreas que reciben sales de otras localidades; el agua es el principal factor de acarreo tanto cuando se practica el riego como también bajo condiciones naturales, al inundarse las tierras bajas o cuando el agua subterránea sube hasta la superficie. El océano puede ser la fuente de sales en aquellos suelos en los que el material original está constituido por depósitos marinos, o en los suelos que se encuentran a lo largo de las costas. Otra fuente importante de sales es la que proviene de los procesos de meteorización y descomposición de las rocas de la corteza terrestre, donde las sales son liberadas y transportadas por el agua hacia otros sitios (Cabalceta y Cordero, 1991).

1. **Origen marino.-** En zonas del litoral mediterráneo encontramos procesos de salinización por transporte de las sales desde el mar (sal cíclica), esto puede ser debido a la formación de aerosoles ricos en sales, que son transportados y depositados tierra adentro, a la infiltración subterránea del agua marina o a la redisolución de sales fósiles (Villa, 2002).
2. **Origen litológico.-** Algunos materiales litológicos sobre los que actualmente se ha desarrollado un suelo son ricos en sales al tratarse de materiales que sedimentaron en condiciones marinas; bajo climas húmedos, las sales son lavadas del suelo por la lluvia, pasando a los ríos y finalmente al mar; sin embargo, en un ambiente árido o semiárido, las sales, aun desplazándose dentro del perfil edáfico, no son eliminadas del suelo. Así sucede en la depresión media del Ebro, donde las escasas precipitaciones caídas conducen a la liberación de sales, por humectación y alteración de materiales salinos, sin que puedan ser

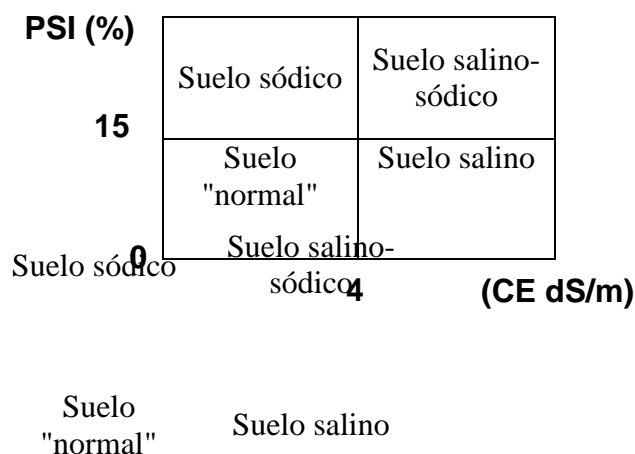
lavadas de su lugar de liberación. La repetición anual de este proceso ha conducido a las actuales acumulaciones Salinas naturales. Además del agua, el viento ejerce un importante papel, especialmente en las regiones áridas y semiáridas, como redistribuidor de materiales, entre ellos las sales (Villa, 2002)

3. Origen antrópico (salinización secundaria).- Muchas actividades humanas ejercen un gran impacto sobre la naturaleza, teniendo la agricultura una particular importancia. La irrigación, una de las prácticas más antiguas de la agricultura, ha conducido a resultados favorables y desfavorables; entre los causantes principales de resultados desfavorables está la salinización, que por su inducción antrópica es denominada salinización secundaria. Los mecanismos por los que se provoca esta salinización son variados (Villa, 2002):

- a) Por aporte de aguas de baja calidad (aguas de reutilización agrícola, aguas residuales industriales o urbanas).
- b) Por elevación del nivel freático salino.
- c) Por intercepción del drenaje natural.
- d) Por exposición de materiales litológicos de alto contenido en sales.

2.7 CARACTERÍSTICAS E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS SALINO-SÓDICOS

Los suelos salino-sódicos se caracterizan por tener un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) por encima de 15% y/o una relación de adsorción de sodio (RAS) superior a 13 meq/100g y una conductividad eléctrica (CE) del extracto de saturación mayor a $4,0 \text{ dS m}^{-1}$.



2.8 CONSORCIO MICROBIANO

Un consorcio microbiano es una asociación natural de dos o más poblaciones microbianas, de diferentes especies, que actúan conjuntamente como una comunidad en un sistema complejo, donde todos se benefician de las actividades de los demás. La asociación refleja estilos de vida sinérgicos o sintróficos (que significa “comiendo juntos”) en el que el crecimiento y el flujo cíclico de nutrientes se conduce más efectiva y eficientemente que en poblaciones individuales (López *et al.*, 2006).

2.9 CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROORGANISMOS Y AZOLLA CAROLINIANA.

2.9.1 *Azolla caroliniana*

El cultivo de *Azolla caroliniana* ha sido utilizado de forma natural en muchas partes del mundo, de forma tradicional se la cultiva antes de plantar arroz incorporándolo al suelo, la utilización de *Azolla caroliniana* en los cultivos ha demostrado que resuelve en gran parte los problemas que afronta la fertilización química (Sapathy y Chand, 2010), donde se ha demostrado que el rendimiento estimado de *Azolla caroliniana* es de 40t/ha (Calderón, 2008) en condiciones óptimas pudiendo acumularse 2-4 Kg de nitrógeno por hectárea al día (Van Hobe y Lopéz, 2008).

Este helecho acuático es una planta pequeña, perteneciente a la familia Salvinaceae, con hojas de escala similar a 5.10 mm de largo; están cubiertas de pelos finos que le dan la apariencia de terciopelo (Montserrat y Delsi, 2005). Este helecho acuático es capaz de fijar el nitrógeno del aire por medio de cianobacterias simbióticas; puede sobrevivir el invierno las temperaturas del agua de 5 °C, con un crecimiento óptimo de verano entre 25-30°C (Castro, *et al.*, 2002). La *Azolla caroliniana* cuando se encuentra en su etapa de desarrollo las raíces de la misma adsorben y acumulan los metales pesados como Hg, Cr Sr, Cu, Cd, Zn, Ni, Pb, Au, Pt (Delgadillo *et al.*, 2011).

2.9.2 *Saccharomyces cerevisiae*

La *Saccharomyces cerevisiae* es la especie de levaduras utilizada para la obtención de etanol a nivel industrial (Carballo, 2000), ésta pertenece al reino de los hongos de la familia *Saccharomycetaceae* del género *Saccharomyces* y la especie *Cerevisiae*. Esta levadura tiene una temperatura óptima de crecimiento de 25 a 30 °C (Merck, 2000).

2.9.3 *Trichoderma harziaum*

Las especies del género *Trichoderma* representan un grupo de hongos filamentosos que pertenecen al reino Mycetae, familia Hypocraceae y género *Trichoderma* e *Hypocrea* (Samuels, 2005). Estos hongos se caracterizan por predominar en los ecosistemas terrestres (suelos agrícolas, pastizales, bosques y desiertos) y acuáticos (Zhang *et al.*, 2005). Son de vida libre en el suelo, oportunistas, simbioses de plantas, y otras son micoparásitas (Harman *et al.*, 2004). Los requerimientos nutrimentales de estos hongos filamentosos son pocos, aunque su crecimiento es favorecido por la materia orgánica y su humedad; su temperatura óptima de crecimiento se encuentra en un rango de 25 a 30 °C (Papavizas G. , 1985) y se pueden adaptar y sobrevivir en condiciones extremas de temperatura, pH y salinidad, (Jacksona *et al.*, 1991).

2.9.4 *Lactobacillus acidophillus*

El género *Lactobacillus* (lactis-leche; bacillus-pequeños bacilos) se caracteriza por presentar células en forma de bacilos largos y extendidos, aunque con frecuencia pueden observarse bacilos cortos o coco-bacilos coryneformes. Los lactobacilos crecen bien en medios ligeramente ácidos, con pH de 6,4- 4,5. La mayoría de las cepas de *Lactobacillus* son principalmente aerotolerantes; su crecimiento óptimo se alcanza bajo condiciones microaerófilas o anaeróbicas. La mayor parte de los lactobacilos son mesófilos (30 - 40°C), con un límite superior de 40°C (Samanego y Sosa, 2002).

2.9.5 *Bacillus ácidolácticos*

La mayoría de estas especies pertenecientes a estos géneros tienen alta tolerancia a pH por debajo de 5. Ésta tolerancia ácida les da ventajas competitivas sobre otras bacterias; la temperatura óptima de crecimiento varía entre géneros y está en un rango de 20°C a 45°C (Hofvendahl y Hagerdal, 2000)

2.9.6 *Bacillus sp*

Los microorganismos del género *Bacillus* están clasificados como aerobios o anaerobios facultativos Gram positivos, formadores de endosporas, pertenecientes a la familia Bacillaceae (Brenner *et al.*, 2005). Su hábitat primario es el suelo y gracias a su potencial de producir endosporas, facilita la posibilidad de aislarlos y mantenerlos en cultivos en el laboratorio ya que resisten temperaturas en las que otras bacterias no sobreviven. Con la temperatura óptima de crecimiento entre 30°C y 45°C, pero algunos son termófilos con una temperatura óptima tan alta como 65°C. Otros son psicrófilos, capaces de crecer y esporular a los 0°C. (Ramírez *et al.*, 2006).

Existen bacterias que se asocian a plantas, estas se fijan en las raíces produciendo una simbiosis, entre las cuales se encuentran del género *Bacillus* como (*B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. licheniformis*, *B. circulans* y *B. cereus*.) (Hernández *et al.*, 2011).

2.10 FACTOR EN ESTUDIO

Se denomina factor de tratamiento a cualquier variable de interés para el experimentador cuyo posible efecto sobre la respuesta se quiere estudiar. Los niveles de un factor tratamiento son los tipos o grados específicos del factor que se tendrán en cuenta en la realización del experimento.

2.11 CARACTERISTICAS DEL SUELO DEL SITIO CORREAGUA.

De acuerdo a la base de datos del Sistema Nacional de Información, la zona de estudio donde se cogieron las muestras de suelo para la realización del ensayo posee suelos del orden vertisol, suborden fluvent y grangrupo ustifluvent (MAGAP y SIGAGRO, 2002). De acuerdo con las investigaciones realizadas por Gutierrez (1999) el suelo con las características anteriores a una profundidad de 10-20 cm posee una densidad aparente de $1,27 \text{ g/cm}^3$ cuando se encuentra sometido a labranza tradicional.

2.12 TOMA DE MUESTRA

La toma del muestreo incluye la extracción del material que forma el suelo, teniendo en cuenta la variabilidad y el manejo del mismo, la elaboración de la muestra, y por último, la toma de fracciones de dicha muestra para la realización de las determinaciones analíticas concretas, el muestreo se realiza en forma diagonal (muestreo en X o Bandera Inglesa) (Sosa, 2012).

2.12.1 TIPOS DE MUESTRA

2.12.1.1 MUESTRA SIMPLE

Es la que se obtiene con una sola extracción de suelo. Son usadas en trabajos de investigación y en suelos muy homogéneos. Se recomienda cuatro muestras por hectárea, de 1 kilogramo de suelo cada una.

2.12.1.2 MUESTRA COMPUESTA

Se refiere a la muestra de suelo obtenida por la extracción de varias muestras simples o submuestras, reunidas en un recipiente y bien mezcladas, de donde se retiran de 0,5 a 1 kg de suelo. Son las más usadas para la planificación de la fertilización. Se recomienda 15-20 submuestras por parcela de muestreo (Sosa, 2012).

2.13 pH

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución donde indica la concentración de iones hidronio $[H_3O^+]$ presentes. Dentro de salinidad de los suelos se definen como los que se encuentran dentro de la zona radicular con una cantidad de sales disueltas en la solución del suelo (elevada Conductividad Eléctrica - CE) suficientemente alta para restringir el desarrollo de los cultivos. La reacción de estos suelos va de neutra a ligeramente alcalina. El pH puede variar entre 7 y menos de 8,5. El PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable) se mantiene por debajo de 7. (Grupo Sistema de información ambiental, 2014)

2.14 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

De acuerdo con GAT Fertiliquidos (2014) la conductividad eléctrica (CE) sirve para medir la concentración total de sales en una solución, pero ésta no indica que sales están presentes. La conductividad eléctrica se expresa en dS/m en el suelo, hay que especificar en que estado de humedad se encuentra llevándola a los laboratorios de suelo donde se determina la CE del extracto de suelo saturado o una relación determinada de suelo: agua.

2.15 SALINIZACIÓN

Es el resultado de procesos naturales y/o antrópicos presentes en todos los suelos que conducen en menor o mayor grado a una acumulación de sales, que pueden afectar la fertilidad del suelo (Lazaraet *al.*, 2008). De acuerdo a Barriga, (2003) la salinidad depende de la conductividad eléctrica. Los suelos en la región costa pueden ser interpretados de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro 2.1 Interpretación de la conductividad eléctrica. Ecuador (Barriga, 2003).

Conductividad Eléctrica CE (dS/m)	Intepretación de Salinidad
0,0 – 2,0	Sin salinidad
2,1 – 4,0	Salinidad Ligera
4,1 – 8,0	Salinidad Media
8,1 – 16,0	Salinidad Alta
>16,1	Salinidad muy Alta

2.15.1 INDICADORES DE SALINIDAD

Los indicadores químicos de salinidad para la caracterización y el diagnóstico de la afectación por la salinidad son la CE, PSI (% Na⁺ intercambiable) y pH (Kochbaet *et al.*, 2004; Mueller *et al.*, 2004; Shukla *et al.*, 2004).

Cuadro 2.2. Indicadores de salinidad (Pernasetti, 2010).

CLASIFICACIÓN	Ph	CE	PSI
Salinos	<8,5	>4	<15
Sódicos	>8,5	<4	>15
Salino-Sódicos	<8,5	>4	>15

2.16 CATIONES Y ANIONES SOLUBLES

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⁺, CO₃⁼, HCO₃⁻, SO₄⁼ y Cl⁻. Ocasionalmente se determinan también NO₃⁻ y SiO₂ soluble (Manzano *et al.*, 2014).

2.17 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO CIC

La capacidad de intercambio catiónico puede ser definida como la medida de la cantidad de cargas negativas del suelo, por otra parte, se puede interpretar como la suma de cationes cambiables que un suelo u otro material pueden absorber a un pH específico.

La capacidad de intercambio catiónico se puede expresar en céntimol carga en el sistema internacional (cmol.kg⁻¹) ó en miliequivalentes por cien gramos de suelo (meq.100g⁻¹) estas unidades son equivalentes en relación 1:1.

Los cationes frecuentes en posición de cambio en los suelos son: Ca⁺⁺ K⁺ Na⁺ H⁺ Al⁺⁺⁺ Fe⁺⁺⁺ Fe⁺⁺ NH₄⁺ Mn⁺⁺ Cu⁺⁺ Zn⁺⁺

- En los suelos alcalinos predominan las bases Na^+
- En los suelos ácidos predominan H^+ Al^{+++}
- En los suelos neutros Ca^{++}

La CIC permite retener los nutrientes añadidos con la fertilización o procedentes de la mineralización de la materia orgánica, Disminuye la pérdida de elementos por lixiviación y depende del tamaño de las partículas (más pequeñas mayor capacidad de cambio debido a la mayor superficie externa expuesta y densidad de carga). La CIC también interviene en procesos de floculación, dispersión de arcillas por consiguiente actúa en el desarrollo de la estructura y estabilidad de agregados.

Cuadro 2.3 Capacidad de intercambio catiónico según la naturaleza de las partículas.

Naturaleza de la partícula	CIC cmol.kg^{-1}
Cuarzo y feldespatos	1-2
Óxidos e hidróxidos de Fe y Al	4
Caolinita	3-15
Illita y clorita	10-40
Montmorillonita	80-150
Vermiculita	100-160
Alófana	10-150
Materia orgánica (Humus)	300-500

Cuadro 2.4. Capacidad de intercambio catiónico de acuerdo a la textura del suelo.

Tipo	CIC meq.100g^{-1}
Suelos arenosos	1-5
Suelos francos	5-15
Suelos arcillosos	15-30
Turba	100

2.18 COEFICIENTE DE VARIACIÓN

Gordón y Camargo (2015), indican que el coeficiente de variación de Pearson es considerado fundamental como indicador de la calidad del experimento (Ruíz, 2010). Muchos científicos usan el coeficiente de variación (CV) para aceptar o rechazar la validez de los experimentos (Bowman D. , 2001). El CV es la desviación estándar expresada como porcentaje de la media aritmética (Patel, 2001). Esto lo hace un coeficiente adimensional al estar conformado por una razón entre datos estadísticos que reflejan diferentes características de la población (Vásquez y Caballero, 2011).

Tradicionalmente el coeficiente de variación ha sido utilizado para decidir si un experimento es confiable o no. Esto último es criticado por varios autores debido a la relación que tiene este estadístico con la media ambiental (Bowman D. , 2001), el CV deja de ser útil cuando la media se aproxima a cero (Silveira, 1986). No obstante (Patel, 2001), es más específico al indicar que los CV varían considerablemente de acuerdo al tipo de experimento, indicando que los rangos aceptables deben ser entre 6 a 8% para evaluación de cultivares, 10 a 12% para fertilización y 13 a 15% para ensayos de evaluación de plaguicidas.

Por otro lado Pimentel (1985) señala que normalmente en los ensayos agrícolas de campo los CV se consideran:

Cuadro 2.5. Rango de Aceptabilidad de los CV de acuerdo a ensayos agrícolas

ACEPTABILIDAD	VALORES
Bajos	Inferiores a 10%;
Medios	De 10 a 20%
Altos	De 20 a 30%
Muy altos (datos deben ser descartados por baja precisión)	Superiores a 30%

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1 UBICACIÓN

En el presente trabajo de investigación se tomaron las muestras de suelos en el sitio Correagua con las coordenadas 556618 m Este y 9907104 m Sur de la parroquia Crucita, las cuales fueron tratadas y analizadas en el Laboratorio de suelos de la carrera de pecuaria en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

3.2 DURACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó desde marzo de 2016 hasta noviembre de 2016.

3.3 DISEÑO DE LOS TRATAMIENTOS

3.3.1 FACTOR EN ESTUDIO

- Factor A. Consorcios de microorganismos y *Azolla caroliniana*.

3.3.2 NIVELES EN ESTUDIO

Cuadro 3.1 Niveles en estudio

Conorcios de Microorganismos	
1= EM	Levaduras (<i>Saccharomy cescerevisiae</i>), bacterias (<i>Bacillus acidophilus</i> , <i>Bacillus acidolacticos</i>)
2= B5	<i>Bacillus anaerobios</i> (<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus laterosporus</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Bacillus pumilos</i>)
3= Th	Hongo (<i>Trichoderma harziaum</i>),
4=AC	<i>Azolla caroliniana</i> (Helecho acuático)

3.3.3 MATERIAL EXPERIMENTAL

Suelos salinos

3.3.4 UNIDAD EXPERIMENTAL

Se utilizaron recipientes de plástico de 20 dm³ cortados a la mitad en donde se depositó la muestra de suelo, la *Azolla caroliniana* y los consorcios de microorganismos como se determinaron para cada uno de los tratamientos.

3.3.5 TRATAMIENTOS

Cuadro 3.2 Descripción de los tratamientos

Tratamiento 1	Levaduras (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>), bacterias (<i>Bacillus acidophilus</i> , <i>Bacillus acidolacticos</i>) + <i>Azolla caroliniana</i>
Tratamiento 2	<i>Bacillus anaerobios</i> (<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus laterosporus</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Bacillus pumilos</i>) + <i>Azolla caroliniana</i>
Tratamiento 3	Hongo (<i>Trichoderma harziaum</i>) + <i>Azolla caroliniana</i>
Tratamiento 4	Levaduras (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>), bacterias (<i>Bacillus acidophilus</i> , <i>Bacillus acidolacticos</i>) + <i>Bacillus anaerobios</i> (<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus laterosporus</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Bacillus pumilos</i>) + <i>Azolla caroliniana</i>
Tratamiento 5	Levaduras (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>), bacterias (<i>Bacillus acidophilus</i> , <i>Bacillus acidolacticos</i>) + <i>Bacillus anaerobios</i> (<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus laterosporus</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Bacillus pumilos</i>) + Hongo (<i>Trichoderma harziaum</i>) + <i>Azolla caroliniana</i>

3.3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las unidades experimentales se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar (DCA) con cinco repeticiones por tratamiento. El esquema del análisis de varianza se presenta en el Cuadro 3.3.

Mediante el uso del paquete InfoStat (versión 2014) se realizó el análisis de varianza, la separación de medias se realizó mediante la prueba tukey al 5% de significancia. (Di Rienzo *et al.*, 2014).

Cuadro 3.3 Esquema del análisis de varianza (ADEVA)

Fuente de Variación (FV)	Grados de Libertad (GL)
Tratamientos	4
Error Experimental	20
Total	24

3.4 VARIABLES A MEDIR

3.4.1 pH

Para medir el pH se utilizó el potenciómetro de mesa (WTW), este proceso se efectuó en cada uno de los tratamientos con sus respectivas réplicas en el

laboratorio de suelos de la carrera de pecuaria de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

3.4.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica (CE) muestra la concentración total de sales en una solución. Para medir la CE se utilizó un conductímetro de mesa (WTW) donde expresa en dS/m, este proceso se efectuó en cada uno de los tratamientos con sus respectivas réplicas en el laboratorio de suelos de la carrera de pecuaria de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

3.4.3 SALINIDAD

Para el cálculo de la salinidad se utilizó la ecuación propuesta por Bodelón *et al.*, 1994):

$$Salinidad = 10^{[-0,175+1,0053*Log_{10}(CE)]} \quad [3.1]$$

Luego para convertir la salinidad (g/Kg) obtenida en porcentaje se aplicó la siguiente ecuación:

$$Salinidad (\%) = \left(\frac{Salinidad \left(\frac{g}{Kg} \right)}{1000} \right) * 100 \quad [3.2]$$

3.5 PROCEDIMIENTO

El presente trabajo se realizó en tres fases de acuerdo a los objetivos planteados:

3.5.1 FASE 1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE SALINIDAD DE LOS SUELOS EN EL SITIO CORREAGUA

En esta fase, se consiguió información referente al estado actual de los suelos y la producción agrícola de la zona de estudio, esto se logró mediante las siguientes actividades:

Actividad 1.Reconocimiento del área de estudio

Mediante visitas de campo y conversatorios que se efectuaron junto a los habitantes de la zona, se determinó el lugar mas apropiado para realizar esta investigación, el mismo que debido a sus características físicas es representativo a las más de 20 hectáreas que se dedican al cultivo de arroz en el sitio Correagua.

Actividad 2. Toma de muestras mediante el método compuesto – Muestreo en X o Bandera Inglesa.

Luego de la visita de campo, se escogió el lugar con mayor problemática y se seleccionó como método de muestreo de suelos en X o la bandera inglesa de acuerdo a Sosa (2012) se seleccionaron 20 puntos, a una profundidad de 20 cm con una pala corte en V se tomaron las muestras de suelo, que fueron posteriormente homogenizadas.

Una vez obtenidas las muestras éstas se trasladaron al área agropecuaria de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabi donde se las prepararon para los análisis físicos-químicos correspondientes. Adicionalmente se empleó el agua de riego que comúnmente se utiliza en el sitio Correaga para aplicar a las unidades experimentales y conseguir la humedad necesaria para el desarrollo de la *Azolla caroliniana* en la investigación y de esta manera lograr las condiciones similares al área de estudio.

Actividad 3. Análisis de las muestras de los suelos en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Se tomó 1 kg de suelo de la muestra total y se le realizó análisis físicos (pH, conductividad) y también análisis químicos para determinar su situación inicial y tener un punto de partida en la investigación, ésta muestra fue enviada a los laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (ver Anexo 1), posteriormente se determinó la salinidad mediante la ecuación matemática propuesta por Bodelón *et al.*, 1994.

3.5.2 FASE 2. ESTABLECIMIENTO DE LAS DOSIS DE LOS CONSORCIOS MICROBIANOS Y *Azolla caroliniana* EN LAS MUESTRAS DE SUELOS SALINOS

Actividad 4. Selección y adaptación de la metodología

Se revisaron varias metodologías y se escogió la de Ferlini, (2008); debido a que la aplicación de los consorcios de microorganismos se realiza por hectárea de terreno y las dosis de los tratamientos por Kg (6 Kg por tratamiento), se determinó el peso de una hectárea a través de la siguiente fórmula:

$$W_{ha} = 10000m^2 \times P_{ex} \times \rho_a$$

Donde,

W_{ha} = Peso de 1 hectárea

P_{ex} = Profundidad de extracción (m)

ρ_a = Densidad Aparente (kg /m³)

Actividad 5. Aplicación de las dosis en los tratamientos durante el proceso de investigación

Una vez seleccionada la metodología adecuada, se aplicaron los tratamientos (consorcios de microorganismos y *Azolla caroliniana*) en las unidades experimentales a las cuales se les colocó previamente las muestras de suelos salinos tomadas en el área de estudio (Marin, 2006).

De acuerdo a la fórmula de (Ferlini, 2008) se determinó la cantidad de suelo en kg que tiene una hectárea de terreno, los consorcios de microorganismos a aplicar actúan para una hectárea y como la unidad experimental posee 6kg de suelo salino; mediante una regla de tres simple se aplicó las dosis respectivas de los consorcios microbianos y *Azolla caroliniana* para cada unidad experimental.

- Dosis EM (Levaduras (*Saccharomyces cescerevisiae*), bacterias (*Bacillus acidophilus*, *Bacillus acidolácticos*)).

$$\frac{EM \text{ (ml)} \rightarrow \text{Suelo total (Kg)}}{x \rightarrow \text{Suelo (Kg} \times \text{UE)}} \\ \text{Dosis a aplicar (ml)}$$

- Dosis Bacillus 5 (Bacillus anaerobios (*Bacillus subtilis*, *Bacillus laterosporus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilos*)).

$$\frac{B5 \text{ (ml)} \rightarrow \text{Suelo total (Kg)}}{x \rightarrow \text{Suelo (Kg} \times \text{UE)}} \\ \text{Dosis a aplicar (ml)}$$

- Dosis Hongo (*Trichoderma harzianum*).

$$\frac{\text{TrichoD (ml)} \rightarrow \text{Suelo total (Kg)}}{x \rightarrow \text{Suelo (Kg} \times \text{UE)}} \\ \text{Dosis a aplicar (ml)}$$

3.5.3 FASE 3. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LOS TRATAMIENTOS

Actividad 6. Análisis físicos (pH, conductividad eléctrica y salinidad).

Los análisis físicos (pH y conductividad) y el cálculo de la salinidad mediante una ecuación matemática se registraron periódicamente cada 8 días por un mes (ver Anexo 2); para medir el pH se pesó en una balanza analítica 5 gr de suelo salino con una disolución de 20 ml de agua destilada en un vaso de precipitación

Además se colocó un agitador magnético para después proceder al agitador rotatorio que disolvió completamente la muestra de suelo salino, luego ésta disolución se filtró a través de papel filtro (20mm) en un recipiente durante 30 minutos y por último para su evaluación se utilizó el potenciómetro de mesa (WTW), este proceso se efectuó en cada uno de los tratamientos con sus respectivas réplicas en el laboratorio de suelos de la carrera de pecuaria de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, la conductividad eléctrica se determinó mediante el mismo proceso del pH con la excepción que se utilizó un conductímetro (WTW) para determinar los dS/m.

Se tabularon los datos obtenidos de los análisis físicos mediante el uso del software InfoStat, donde se realizó el análisis de varianza con la prueba de Tukey al 5% de significancia.

Actividad 7. Eficiencia de los tratamientos aplicados.

Para determinar la eficiencia de los tratamientos se aplicó la fórmula propuesta por (Parra, 2006):

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100$$

E = Eficiencia de remoción del sistema o de uno de sus componentes (%).

S = Carga contaminante de salida.

S₀ = Carga contaminante de entrada.

Actividad 8. Análisis económico de los tratamientos.

Se realizó un enfoque económico de los mejores tratamientos y las dosis utilizadas para su aplicación por hectárea de suelo (Fajardo, 2013).

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FASE 1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1.1 Actividad 1. Reconocimiento del área de estudio.

Los suelos del sitio Correagua de acuerdo a la observación que se realizó presentaron un estado de aridez, debido a que se apreció una capa salina arcillosa de color blanca que podría corresponder a sales como el yeso (CaSO_4), sal común (NaCl), carbonato sódico (Na_2CO_3); además de acuerdo con las investigaciones realizadas por Gutierrez (1999) el suelo del sitio Correagua a una profundidad de 10-20 cm posee una densidad aparente de $1,27 \text{ g/cm}^3$ cuando se encuentra sometido a labranza tradicional.

Los habitantes del sitio Correagua manifestaron que utilizan el agua de pozo para riego de los cultivos de arroz y habitualmente la reutilizan y de acuerdo a Sebastian *et al.*, (2009) la salinidad del suelo se debe al manejo inadecuado de las instalaciones de riego, mal drenaje interno del suelo, y la calidad del agua de riego, así como el exceso de fertilización inorgánica.

4.1.2 Actividad 2. Toma de muestras mediante el método compuesto – muestreo en x o bandera inglesa.

Se tomaron las coordenadas de los 20 puntos correspondientes del muestreo del suelo en el sitio Correagua.

Cuadro 4.1 Puntos Georeferenciados tomados en el sitio Correagua- Manabí

Puntos	Este	Norte	Puntos	Este	Norte
1	555036	9905319	11	555062	9905294
2	555042	9905271	12	555065	9905287
3	555031	9905298	13	555065	9905302
4	555043	9905309	14	555063	9905801
5	555047	9905312	15	555065	9905322
6	555024	9905311	16	555009	9905283
7	555022	9905275	17	555031	9905283
8	555037	9905291	18	555028	9905281
9	555050	9905209	19	555056	9905311
10	555057	9905232	20	555076	9905312

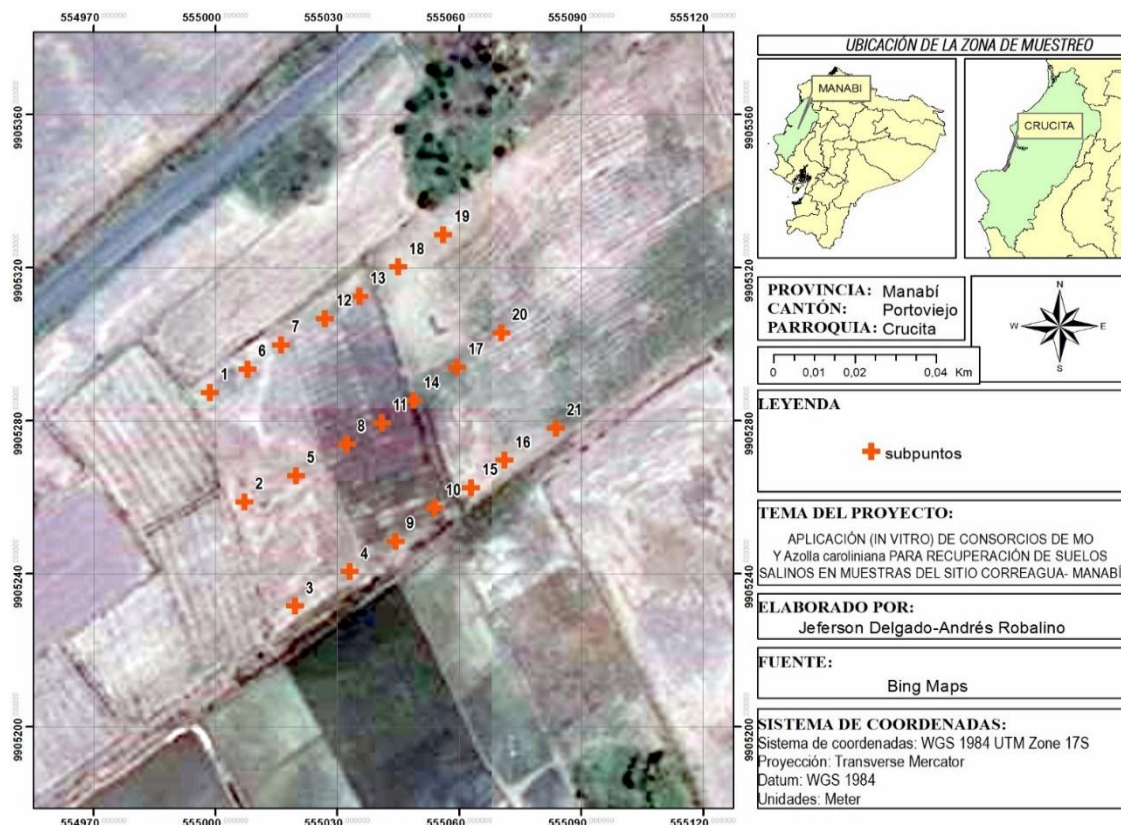


Figura 4.1. Mapa Georeferenciado de los 20 puntos tomados en el sitio Correagua- Manabí

4.1.3 Actividad 3. Análisis de las muestras de los suelos en el Laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Los análisis del suelo del sitio Correagua presentan una alta salinidad (Cuadro 4.2) debido a la alta conductividad eléctrica que estos poseen, ya que de acuerdo a (Barriga, 2002) la salinidad del suelo está determinada por la conductividad eléctrica, cuando ésta supera los 4 dS/m el suelo es muy salino, además se observó que sus indicadores de salinidad como son el PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable), la CE (Conductividad Eléctrica) y el pH (Potencial Hidrógeno) superan los rangos establecidos así como lo indica (Pernasetti, 2010).

De manera similar Kochba *et al.* (2004) mencionan que si el PSI es mayor a 15, la conductividad del extracto de saturación es mayor que 4 dS/m y el pH del suelo es menor a 8,5 éste es un suelo salino-sódico, como se menciona en el marco teórico.

Cuadro 4.2. Características físicas y químicas del suelo del sitio Correagua.

Análisis	Representación	Valor	Unidades
Conductividad Eléctrica	CE	50,37	dS/m
Potencial de Hidrógeno	pH	8,20	---
Salinidad	S	3,44	%
Potasio (Cationes)	K+	6,06	meq/L
Calcio (Cationes)	Ca ²⁺	91,09	meq/L
Magnesio (Cationes)	Mg ²⁺	156,38	meq/L
Sodio (Cationes)	Na+	251,04	meq/L
Relación Adsorción Sodio	RAS	22,57	---
Porcentaje Sodio Intercambiable	PSI	18,41	---
Potencial de Hidrógeno	pH	8,20	---
Amonio (Nutrientes)	NH ₄	17,00	ppm
Fósforo (Nutrientes)	P	15,00	ppm
Potasio (Nutrientes)	K	1,95	meq/100mL
Calcio (Nutrientes)	Ca	19,00	meq/100mL
Magnesio (Nutrientes)	Mg	15,70	meq/100mL

4.2 FASE 2. ESTABLECIMIENTO DE LAS DOSIS DE LOS CONSORCIOS MICROBIANOS Y AZOLLA CAROLINIANA EN LAS MUESTRAS DE SUELOS

4.2.1 Actividad 4. Selección y adaptación de la metodología

Se determinó el peso de una hectárea a través de la fórmula de Ferlini, (2008):

$$W_{ha} = 10000m^2 \times P_{ex} \times \rho_a$$

$$W_{ha} = 10000m^2 \times 0,20 m \times 1270 kg/m^3$$

$$W_{ha} = 2'540.000 kg$$

Considerando que el área en la cual se tomó las muestras es 1 ha (10000 m²), y, la profundidad de extracción de 0,20 m y además la densidad aparente es de 1,27 g/cm³, se obtienen 2'540.000 Kg de suelo por hectárea.

4.2.2 Actividad 5. Aplicación de las dosis en los tratamientos durante el proceso de investigación

- Dosis EM (Levaduras (*Saccharomyces cescerevisiae*), bacterias (*Lactobacillus acidophillus*, *Bacillus acidolacticos*))

$$\frac{6000 \text{ ml B5} \rightarrow 2540000 \text{ Kg}}{x \rightarrow 6 \text{ Kg} \times \text{UE}} \\ \hline 0,01417 \text{ ml} \rightarrow 14,17 \mu\text{L}$$

Como los EM se aplicaron en 15 unidades experimentales (3 tratamientos: 1, 4 y 5), se diluyeron en 75 ml de agua destilada de los cuales se utilizaron 5 ml en cada unidad experimental. Además se utilizó 0,05 kg de *Azolla caroliniana*.

- Dosis Bacillus 5 (Bacillus anaerobios (*Bacillus subtilis*, *Bacillus laterosporus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilos*)).

$$\frac{4000 \text{ ml B5} \rightarrow 2540000 \text{ Kg}}{x \rightarrow 6 \text{ Kg} \times \text{UE}} \\ \hline 0,009448 \text{ ml} \rightarrow 9,45 \mu\text{L}$$

Este consorcio se aplicó en los tratamientos 3 y 5, donde la dosis a aplicar fue disuelta en 50 ml de agua destilada, de los cuales 5ml se inocularon en cada unidad experimental. Además se utilizó 0,05 kg de *Azolla caroliniana*.

- Dosis Hongo (*Trichoderma harzianum*)

$$\frac{900 \text{ gr TrichoD} \rightarrow 2540000 \text{ Kg}}{x \rightarrow 6 \text{ Kg} \times \text{UE}} \\ \hline 0,00212 \text{ ml} \rightarrow 2,12 \mu\text{L}$$

Como son 15 unidades experimentales (3 tratamiento: 2, 4 y 5), se diluyeron en 75 ml, de los cuales se colocaron 5 ml en cada unidad experimental. Además se utilizó 0,05 kg de *Azolla caroliniana*.

Para que los consorcios microbianos se desarrollen adecuadamente en cada unidad experimental, se aportaron condiciones adecuadas de humedad, nutrientes, temperatura y pH. Así como lo dicen Alexander (1980) y Estrada *et al.* (2015), que mencionan el nivel óptimo de humedad edáfica para el desarrollo bacteriano oscila entre 50 y 75 % de la capacidad de retención del suelo, por lo que se aseguró el mantenimiento de estas condiciones mediante rehumedecimiento una a dos veces a la semana, lo cual de acuerdo a Hutchinson *et al.* (2001) estimula la mayor biodegradación.

4.3 FASE 3. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LOS TRATAMIENTOS.

4.3.1 Actividad 6. Análisis Físicos (pH, conductividad eléctrica y salinidad)

a. Evolución de la conductividad eléctrica.

Cuadro 4.3 Comportamiento de la CE después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamientos	Conductividad eléctrica (dS/m)			
	8 días	16 días	22 días	30 días
T1: EM + AC	49,32 a	34,02 a	29,2 ab	21,36 a
T2: B5 + AC	46 a	30,64 a	27,6 a	33,46 a
T3:TH + AC	50,34 a	31,32 a	34,58 ab	21,4 a
T4:EM + B5 + AC	46,42 a	38,16 a	37,22 b	23,18 a
T5:EM + B5 + TH + AC	45,1 a	33,38 a	28,28 ab	22,6 a
Coefficiente de Variación	14,31	13,82	15,5	33,92
Error Estándar	3,04	2,07	2,18	3,70
p-valor	0,6963	0,1280	0,0176	0,1469

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

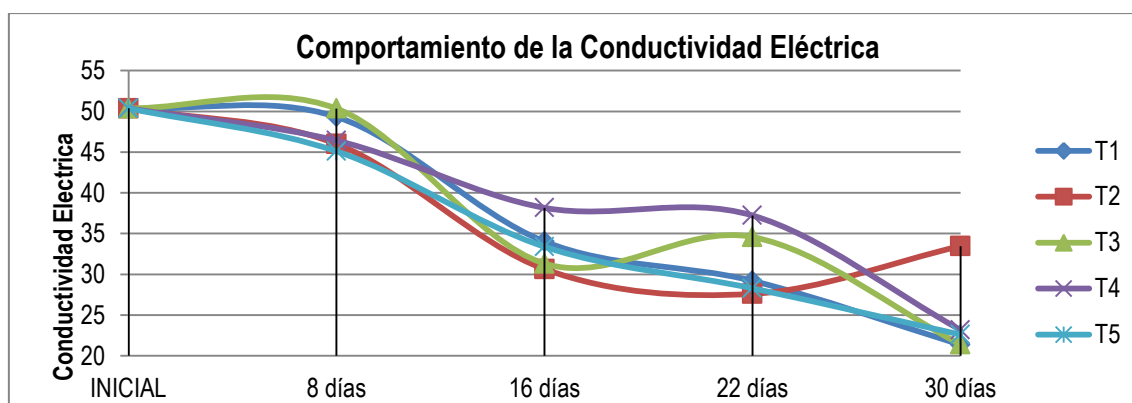


Gráfico 4.1 Comportamiento de la CE después de la aplicación de los tratamientos.

En el gráfico 4.2., se puede observar que a los 8 días la conductividad eléctrica se encontraba en un rango de 46 – 50,34 (dS/m), posteriormente a los 16 días ocurrió una disminución entre 30,64 – 38,16 (dS/m).

A los 22 días el T3 presentó un leve aumento esto puede deberse a que la *Azolla caroliniana* se comenzó a descomponerse y adicionó nutrientes en el suelo, esta fase de descomposición se pudo observar en los demás tratamientos, provocando una variación en la conductividad eléctrica (José et

all., 2007), sin embargo, durante la última evaluación el T3 presentó uno de los menores promedios de conductividad eléctrica.

Los mejores resultados lo obtuvieron el **T1**, **T3** y **T5** en primera instancia se observa que los hongos (*Trichoderma harzianum*), empieza la disminución de sales rápidamente, por otro lado las bacterias necesitan más tiempo para realizar el proceso de estabilización y posteriormente realizan una degradación rápida de las sales presentes en el suelo (López *et al.*, 2006).

No se logró alcanzar límites permisibles en las muestras de suelo salino, sin embargo se disminuyó su concentración hasta límites que permitan que las plantas cultivadas aporten rendimientos económicamente viables(Chávez, 2011). Lo expuesto concuerda con los resultados obtenidos por Manzano *et al.* (2014), que al emplear EM redujeron el contenido de sales solubles y la proporción de sodio intercambiable en el suelo.

b. Evolución de la Salinidad

Cuadro 4.4 Comportamiento de la salinidad después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamientos	Salinidad (%)			
	8 días	16 días	22 días	30 días
T1: EM + AC	3,37 a	2,32 a	1,99 ab	1,45 a
T2:B5 + AC	3,14 a	2,09 a	1,88 a	2,28 a
T3: TH + AC	3,44 a	2,13 a	2,35 ab	1,45 a
T4:EM + B5 + AC	3,17 a	2,6 a	2,54 b	1,58 a
T5: EM + B5 + TH + AC	3,08 a	2,27 a	1,92 ab	1,54 a
Coefficiente de Variación	14,42	13,9	15,58	34,09
Error Estándar	2,08	1,42	1,49	2,53
p- valor	0,6865	0,1280	0,0176	0,1464

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

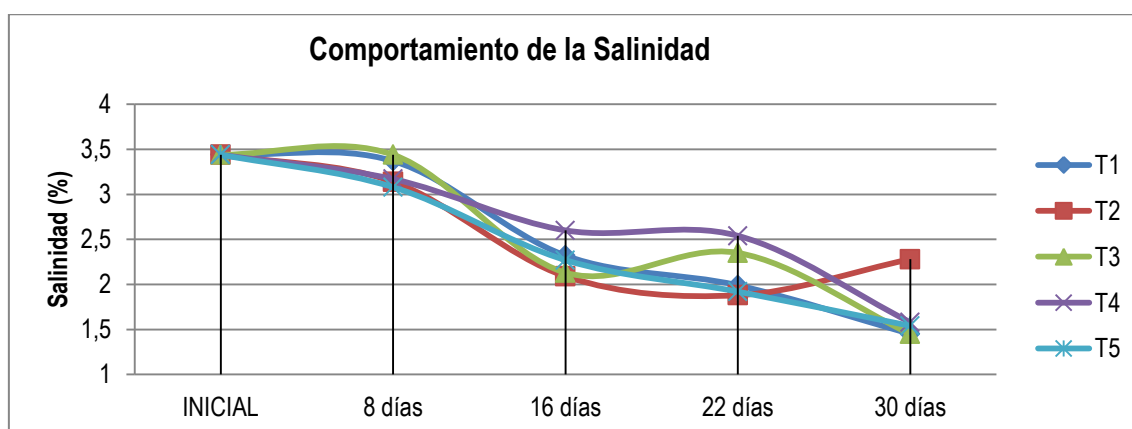


Gráfico 4.2 Comportamiento de la salinidad después de la aplicación de los tratamientos.

Los cinco tratamientos aplicados actuaron eficientemente en la recuperación de los suelos salinos del sitio Correagua, en el gráfico 4.3., se observa que a los 8 días de aplicación el porcentaje de salinidad disminuyó hasta 3,08%. A partir de los 16 y 22 días ésta variable decreció a valores comprendidos en un rango de 2,54 – 1,88 % posteriormente a los 30 días de la aplicación de los tratamientos se obtuvieron los mejores resultados reduciendo la salinidad hasta 1,54 %.

Los mejores resultados los obtuvieron el **T1** , **T3** y **T5** en reducir la salinidad lo cual concuerda con las conclusiones de las investigaciones de Kennedy y Gewin, 1997, Bollag et al. 1994 y Garland, 1996, donde expresan que los métodos biológicos con uso de microorganismos adquieren una importancia relevante para la recuperación de los suelos salinos y elevar la fertilidad de los suelos y su productividad.

c. Evolución del pH

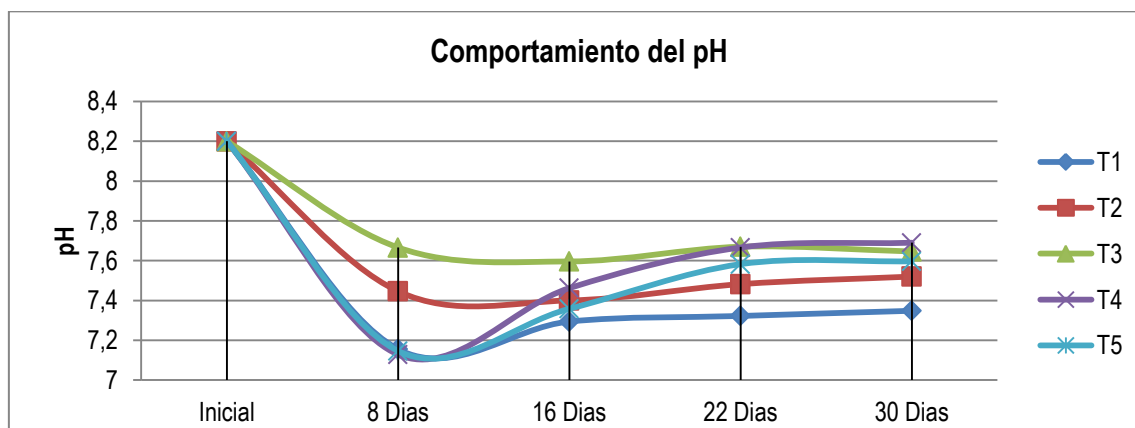


Gráfico 4.3 Comportamiento del pH después de la aplicación de los tratamientos.

Durante la evaluación, el pH varió en todos los tratamientos, gráfico 4.4. A los 8 días el T2 obtuvo el máximo promedio de pH con 7,44 esto puede deberse a que las condiciones en las que se encontraba el ensayo eran las más favorables para el desarrollo de los microorganismos.

Gómez *et al.*,(2008) mencionan que el valor del pH debe estar dentro de un rango tolerable para los microorganismos, es decir, las bacterias necesitan un intervalo de pH comprendido entre 6 – 7,5 ; los hongos entre 5,5 – 8,0 y los actinomicetos 5,0 – 9,0. Además de manera similar Volke (2002) y Orozco

Verdezoto (2008) mencionan que para mantener una mejor capacidad degradante, por períodos de tiempo prolongados, el pH debe ser neutro, entre 7.4–7.8.

Los resultados obtenidos se encuentran dentro del margen de calidad establecidos por la Norma de Calidad Ambiental (TULAS, 2015) del recurso suelo y criterio de remediación para suelos contaminados que categorizan en clase (A).

4.3.2 Actividad 7. Eficiencia de los tratamientos aplicados

Cuadro 4.5 Eficiencia de los tratamientos aplicados en función de la Salinidad

Salinidad (%)			
Tratamientos	Análisis inicial (%)	Análisis final (%)	Eficiencia (%)
T1	3,44	1,45	57,79
T2	3,44	2,28	33,78
T3	3,44	1,45	57,73
T4	3,44	1,58	54,19
T5	3,44	1,54	55,29

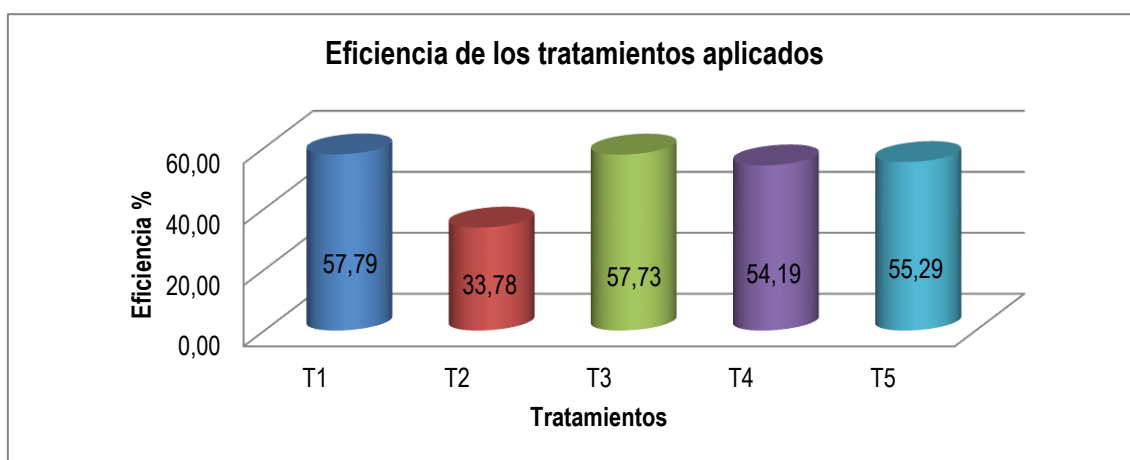


Gráfico 4.4 Eficiencia de los tratamientos aplicados en función de la salinidad en las muestras de suelo.

El gráfico 4.5., muestra la eficiencia de los tratamientos aplicados en la reducción de la salinidad con respecto a los análisis iniciales de las muestras del sitio Correagua que presentan 3,44 % de salinidad.

Los tratamientos que presentaron mejores resultados fue **T1** (*Saccharomyces cerevisiae*), bacterias (*Bacillus acidophilus*, *Bacillus acidolacticos*) junto con la Azolla caroliniana obtuvieron la mayor eficiencia (58,04 %), donde los EM

pertenece al género *Thiobacillus* y éstas tienen una función importante en la oxidación del azufre del suelo desde su forma elemental hasta ácido sulfúrico por lo que son efectivas en la recuperación de los suelos afectados por sales con alto contenido de sodio (Lindemann *et al.*, 1991)

Además la *Azolla caroliniana* es muy buena en la fijación de nitrógeno N_2 al suelo y esto ayuda a mejorar sus propiedades; el **T3** (*Trichoderma harzianum*) y la *Azolla caroliniana* también obtuvieron una excelente eficiencia (57,73 %) en la reducción de la salinidad ya que el hongo pertenece al género *Trichoderma* spp estos crecen en condiciones de estrés, como suelos salinos, en suelos contaminados con metales pesados, plaguicidas e hidrocarburos (Leyval y Binet, 1998; Cabello, 1999; Binet *et al.*, 2000; González, M. 2000)

Por lo tanto asimilan sales presentes en el suelo como Na, Ca y K y el **T5** el cual contiene el EM, los *Bacillus* anaerobios y el *Trichoderma harzianum* junto a la *Azolla caroliniana* fueron eficaces puesto que facilitaron la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, algunas especies del género *Bacillus* son capaces de solubilizar el fósforo contenido en compuestos no asequibles, haciéndolo disponible, mejorando por tanto, el régimen fosfórico de los suelos y reduciendo la salinidad de los mismos (Lynch, 1981; Gouzou *et al.*, 1993) obteniendo una eficiencia del (57,81%).

El *Trichoderma harzianum*, Levaduras (*Sacharomyces cerevisiae*) y *Lactobacillus acidophilus* comprenden las denominadas tecnologías biofertilizantes, usadas en el control de la salinidad del suelo.

Los microorganismos benéficos degradan contaminantes orgánicos o disminuyen la toxicidad de otros contaminantes inorgánicos del suelo a través de la actividad biológica natural, mediante reacciones que forman parte de sus procesos metabólicos (Zuñiga *et al.*, 2011).

4.3.3 Actividad 8. Análisis económico de los tratamientos.

Se realizó una estimación del precio de cada tratamiento en una hectárea de terreno, a partir de lo cual se obtuvieron los siguientes datos:

Cuadro 4.6 Costos de aplicación de los tratamientos por hectárea

Tratamiento	Descripción	Costo unitario (USD/ha)	Total (USD/ha)
T1	EM	\$ 42,00	\$ 207,00
	Mano de obra	\$ 45,00	
	Diesel	\$ 20,00	
	Bomba de fumigación	\$ 80,00	
	Azolla caroliniana	\$ 20,00	
T2	Bacillus	\$ 40,00	\$ 205,00
	Mano de obra	\$ 45,00	
	Diesel	\$ 20,00	
	Bomba de fumigación	\$ 80,00	
	Azolla caroliniana	\$ 20,00	
T3	Trichoderma	\$ 42,00	\$ 207,00
	Mano de obra	\$ 45,00	
	Diesel	\$ 20,00	
	Bomba de fugacion	\$ 80,00	
	Azolla caroliniana	\$ 20,00	
T4	EM	\$ 42,00	\$ 247,00
	Bacillus	\$ 40,00	
	Mano de obra	\$ 45,00	
	Diesel	\$ 20,00	
	Bomba de fugacion	\$ 80,00	
	Azolla caroliniana	\$ 20,00	
T5	EM	\$ 42,00	\$ 289,00
	Bacillus	\$ 40,00	
	Trichoderma	\$ 42,00	
	Mano de obra	\$ 45,00	
	Diesel	\$ 20,00	
	Bomba de fugacion	\$ 80,00	
	Azolla caroliniana	\$ 20,00	

En lo concerniente a costos, se puede constatar que el T2 ((Bacillus anaerobios (Bacillus subtilis, Bacillus laterosporus, Bacillus licheniformis, Bacillus licheniformis, Bacillus megaterium, Bacillus pumilos)) + Azolla caroliniana) es el que posee el menor costo de aplicación y mantenimiento, aunque no es uno de los tratamientos de mayor efectividad en la disminución de la salinidad en el suelo.

Mientras tanto, el T1 ((Levaduras (Saccharomyces cerevisiae), bacterias (Bacillus acidophilus, Bacillus acidolacticus)) + Azolla caroliniana) y T3 ((Hongo (Trichoderma harziaum)) + Azolla caroliniana), presentaron costos

considerados económicamente viables y además resultaron ser los tratamientos de mayor efectividad en la reducción de la salinidad en los suelos del sitio Correagua.

De acuerdo a Leyva (2006) en la recuperación de suelos salinos la biolabranza tendría una duración de un año y dos meses aproximadamente y el costo unitario para tratar el suelo en estudio sería de \$114USD/m³ y 130 USD/m³ en el lavado de suelo con un tiempo aproximado de ocho meses y medio aproximadamente. Considerando la densidad del terreno (1270 kg/m³) y el peso del suelo (2'540.000 kg) el volumen por ha sería de 2000 m³ de suelo, por lo que el costo por la recuperación sería de 228.000 \$/ha para la biolabranza y 260.000 \$/ha.

Considerando los datos, se establece por tanto que los tratamientos propuestos son mayormente factibles en tiempo, eficiencia y costo en comparación con otros métodos tradicionales.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El análisis físico-químico previo de los suelos del sitio Correaga, parroquia Crucita estableció que la salinidad es muy alta con una conductividad eléctrica de 50,37 dS/m debido a la utilización de aguas salinas obtenidas del drenaje subterráneo para el riego de los cultivos, la realización de monocultivos como el arroz y principalmente a las malas prácticas agrícolas aplicadas en la zona.
- La dosis con mayor eficiencia para reducir la salinidad en los suelos del sitio Correaga, parroquia Crucita fue la correspondiente a el tratamiento T1 con un valor de 57,79 %,por lo tanto se cumple la hipótesis propuesta.
- Los tratamientos T1y T3 además de presentar una de las mejores eficiencias poseen un costo menor por hectárea para la recuperación del suelo pues su valor es \$207,00 cada tratamiento por lo que se considera como apropiado para su aplicación en la zona de estudio.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar monitoreos constantes a las aguas de riego en zonas que sus cultivos presenten problemas de productividad, para determinar su aceptabilidad para riego de acuerdo a los límites permisibles vigentes.
- Fomentar la realización de nuevas propuestas de tratamientos para la salinidad de aguas a partir de muestras en la zona de estudio y zonas con problemas de riego.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, M. 1980. *Introducción a la microbiología del suelo* (Segunda ed.) México.
- Barriga, S. 2003. Diagnóstico de la salinidad de los suelos cultivados en las principales áreas bajo riego en el Ecuador. Quito: Unidad Central del Ecuador.
- Binet, Ph., J. Portal and C. Leyval. 2000. Fate of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in the rhizosphere and mycorrhizosphere of regrass. *Plant and Soil* 227(1-2): 207-213.
- Bollag, J., T. Mertz, and L. Otjen. 1994. Chapter 1: Role of microorganisms in soil bioremediation. pp. 2-10. In: Anderson, T. and J. Coats (eds.). *Bioremediation through rhizosphere technology*. American Chemical Society, Washington. 249 p.
- Bodelón, O., Bernués, M., Baltanás, A. y Montes, C. 1994. Conductividad y salinidad en los ecosistemas acuáticos del Parque Nacional de Doñana. *Revista Limnética*, 10(2): 27-31.
- Bowman, D. 2001. Common Use of the CV: A Statistical Aberration in Crop Performance Trials. *Revista The Journal of Cotton Science*, 5: 137-141.
- Brenner, N., Krieg, G., Garrity, J. y Staley, T. 2005. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*.
- Buchanan, B., Gruissem, W. y Jones, R. 2015. *Biochemistry and molecular biology of plants* (Segunda ed.) USA: American Society of Plant Biologists,.
- Cabalceta, G. y Cordero, A. 1991. Efectos de salinidad en arroz bajo riego en guanacaste. *Revista Agronornfa Costarricense*, 15(1):167-172
- Calderón, J. 2008. El Uso de la simbiosis Azolla-Anabaena, en la fijación biológica del nitrógeno atmosférico en el cultivo de arroz en el Perú. *Revista AgroEnfoque*, 31: 16-28
- Carballo, F. 2000. *Microbiología industrial: microorganismos de interés industrial*. España: Acribia.
- Castro, R., Novo, R. y Castro, R. 2002. Uso del género azolla como biofertilizante en cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Cultivo Tropicales*, 23(4): 5-10
- 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

- Clirsen. 2010. Reunión preparatoria para el atlas de suelos de latino America, Río de Janeiro, Ecuador- Base de datos Edáfica.
- Deinlein, U., Stephan, A. B., Horie, T., Luo, W., Xu, G. y Schroeder, J. 2014. Plant salt-tolerance mechanisms. *Revista Trends Plant Science*, 19 (6): 371-379.
- Delgadillo, E., González, C. , Prieto, F. y Villagómez, R. 2011. Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Revista Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14: 597-612.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. 1997. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. México: Limusa.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. 2014. Info Stat versión 2014. Grupo Info Stat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Estrada, W., Lescay, E., Álvarez, A. y Maceo, Y. 2015. Niveles de humedad en el suelo en la roducción de bulbos de cebolla. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 26(1): 111-117.
- Fajardo, C. 2013. Cultivo de arroz organico con uso de patos y biotecnologicos. *Universo, El Productor*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de www.elproductor.com
- FAO. 2000. Global network on integrated soil management for sustaintable use of salt-affected soils. Roma: FAO Land and Plant Nutrition Management.
- FAO. (2015). *Tratamientos de suelos*.
- Fassbender, H. y Bornemisza, E. 1994. Química de los Suelos con énfasis en América Latina. Costa Rica: Servicio Editorial del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Ferlini, H. 2008. *SUELO: Conocerlo para cuidarlo*. Buscagro.
- Galindo, E., Grismaldo, J., Hernández, J., Linares, D., Ramirez, R., Rodriguez, L. y Romero, A. 2005. Evolución de la salinidad en un suelo del valle de Quibor, Venezuela, utilizando riego localizado en el cultivo de cebolla. *Revista Agricultura andina*, 10: 23-33.
- Garland, J. 1996. Patterns of potential C source utilization by rhizosphere communities. *Revista Soil Biology and Biochemistry*, 28(2): 223-230
- GAT fertilíquidos. 2014. *Salinidad en cultivos agrícolas*. España: Garfertilíquidos.
- Gili, P., Marando, G., Irisarri, J. y Sagardoy, M. 2004. Actividad Biología y Enzimática en suelos afectados por sales del Alto Valle de Río Negro y Neuquén. *Revista Argentina de Microbiología*, 36: 187-192.

- González, M. 2000. Biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. *Revista Universidad Nacional Autónoma de México*, 2(13): 714-731.
- Gordón, R. y Camargo, I. 2015. Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 26(1): 55-63.
- Gouzou, L., G. Burtin, R. Philippy, F. Bartoli and T. Heulin. 1993. Effect of inoculation with bacillus polymyxa on soil aggregation in the wheat rhizosphere: preliminar examination. *Geoderma* 56: 479-491.
- Grupo Sistema de información ambiental. 2014. Salinidad del suelo. Guía rápida temática para el usuario SIG.
- Gutiérrez, M., Reyes, J. y Figueroa, B. 1999. Desarrollo estructural en un entisol bajo el sistema de labranza de conservación y tradicional. *Revista Tierra*, 17(2): 87-96.
- Harman, G., Howell, C., Viterbo, A., Chet, I. y Lorito, M. 2004. Trichoderma species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Revista Nature Reviews Microbiology*, 2:43-46.
- Hernández, T., Carrión, G. y Heredia, G. 2011. Solubilización in vitro de fosfatos por una cepa de Paecilomyces lilacinus (Thom) Samson. *Revista Agrociencia*, 45(8): 12-19.
- Hofvendahl, K. y Hagerdal, H. 2000. Factors affecting the fermentative lactic acid production from renewable resources. *Revista Enzyme and Microbial Technology*, 26(2):87-107.
- Hutchinson, S., Schwab, A. y Banks, M. 2001. Phytoremediation of aged petroleum sludge. Effect of irrigation techniques and scheduling. *J. Environ. Quality*, 30(2): 1516–1522.
- Jackson, A., Whipps, J. y Lynch, J. 1991. Effects of temperature, pH and water potential on growth of four fungi with disease biocontrol potential. *Revista World Journal Microbiology Biotechnology*, 7(4):494-501.
- José, M., Duran, A., Norma, R., y Rubén, M. 2007 La conductividad eléctrica al servicio de la agricultura y de los céspedes deportivos.
- Kennedy, A.C. and V.L. Gewin. 1997. Soil microbial diversity: present and future considerations. *Soil Science* 162(9): 607-617.
- Kochba, M., Ritvo, G. y Avnimelech, Y. 2004. The effect of municipal solid waste compost (msw) on the replacement of sodium in sodic soil models. *Revista Soil Scienc*, 169(8): 567-572.

- Lamz, A. y González, C. 2013. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Revista Cultivos Tropicales*, 34(4): 31-42.
- Lazara, O., Alden, F., Gálvez, V., Morales, R., Sánchez, I., Labaut, M. y Rivero, L. 2008. *Caracterización y evaluación de la salinidad*. Cuba: FAO.
- Leyva, I. D. (2006). *Comparación de técnicas de saneamiento en un suelo contaminado con hidrocarburos del petróleo de tabasco*. Universidad Nacional Autónoma de México .
- Lynch, L. M. 1981. Promotion and inhibition of soil aggregate stabilization by microorganismos. *Journal of General Microbiology* 126(2): 371-375.
- Lindemann, W., J. Aburto, W. Haffner and A. Bono. 1991. Effect of sulfur source on sulfur oxidation. *Soil Science Society of America Journal* 55(1): 85-90.
- López, L., Quintero, G., Guevara, A., Jaimes, A., Gutiérrez, S. y Miranda, J. 2006. Bioremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo. *Revista NOVA*, 12: 84 - 85.
- MAGAP. y SIGAGRO. 2002. *Mapa de Suelos (TEXTURA) de la Sierra, Escala 1:50000*.
- Manzano, B., Juana, I., Rivera, O., Briones, E. y 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.
- Marin, J. 2006. *Introducción al Diseño de Experimentos*. España: Halweb.
- Mashal, K., Al-Qinna, M. y Ibbini, J. 2011. *Phosphorus-Sorption Characteristics of Calcareous Soils in Arid and Semi Arid Regions*. *Revista Resultados de busquedas International Journal of Sustainable Water and Environmental*, 3(1): 53-58.
- Merck. 2000. *Manual de Microbiología*.
- Mesa, D. 2003. Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(3): 217-226.
- Monserrat, A. y Delsi, C. 2005. *Guía para el reconocimiento de algunas plantas Vasculares de las Dunas y Marismas de la Costa Atlántica*.
- Mueller, T., Mijatovic, B., Sears, B., Pusuluri, N. y Stombaugh, T. 2004. Soil electrical conductivity map quality. *Revista Soil Science*, 169(12): 841-851.
- Munns, R. y Tester, M. 2008. *Mechanisms of salinity tolerance*. *Annual Review of Plant Biology*, 59:651-681.


- Munns, R., Goyal, S. y Passioura, J. 2005. *Salinity stress and its mitigation*. University of California, Davis.
- Orozco Verdezoto, V. 2008. Biorremediación de vegetación contaminada con petróleo por derrames en el Campamento Guarumo. Escuela Superior Técnica del Chimborazo , Petroproducción.
- Papavizas, G. 1985. Trichoderma and Gliocladium: biology, ecology and potential for biocontrol. *Annual Review of Plant Biology*, 23:23-54
- Parra Rodriguez, L. M. 2006. Operación de un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) hasta alcanzar el estado estable. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
- Patel, J. N. 2001. *Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof-an empirical study*. *Revista Current Science*, 81(9) 24-39.
- Pimentel, F. 1985. *Curso de estatística experimental*. São Paulo, Brasil: Livraria Nobel S.A.
- Proaño, J., Suarez, C. y Briones, C. 2011. *Estudio de metodologías para la validación de un modelo predictivo para el manejo y control de la salinidad del suelo y del agua en la península de Santa Elena*. Universidad Agraria, Guayaquil.
- PROGRESAM. 2005. *Consejo Provincial de Manabí, Dirección de Gestión Ambiental*. Obtenido de Consejo Provincial de Manabí, Dirección de Gestión Ambiental.
- Ramírez, N., Serrano, J. y Sandoval, H. 2006. Microorganismos Extremófilos. Actinomicetos halófilos. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 23: 56-71.
- Rengasamy, P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. *Revista Journal of experimental botany*, 57(5): 1017-1023.
- Ruiz, J. 2010. Eficiencia relativa y calidad de los experimentos de fertilización en el cultivo de caña de azúcar. *Revista Terra Latinoamericana*, 28(2): 149-154.
- Samanego, L. y Sosa, M. 2002. Lactobacillus spp.: Importantes promotores de actividad probiótica, antimicrobiana y bioconservadora. Cuba, Universidad de Matanzas.
- Samuels, G. 2005. Changes in taxonomy occurrence of the sexual stage and ecology of Trichoderma spp. *Revista Agricultural Research Service*, 94(6): 12-19.

- Saparth, K. y Chand, P. 2010. Cultivo de Azolla y la fijación de nitrógeno; redescubriendo una biotecnología tradicional. *Revista Agro enfoque*, 20: 39-46.
- Sebastian, S., Udayasoorian, C., Jayabalakrishnan, R. y Parameswar, E. 2009. *Performance of sugarcane varieties under organic amendments with poor quality irrigation water*. *Revista Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(3):1674-1684.
- Shukla, M., Lal, R. y Ebinger, M. 2004. Soil quality indicators for the north appalachian experimental watersheds in coshocton ohio. *Revista Soil Science*, 169(3): 195-205.
- Silveira J. 1986. *Estatística General Estatística Experimental*. Universidad Federal de Pelotas.
- 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.
- Van Hobe, C. y López, Y. 2008. Fisiología de Azolla, workshop on the assessment of Azolla unse in Tropical Latin America, Chicago, Perú. *Revista AgroEnfoque*, 33: 16-29.
- Vásquez, E. y Caballero, A. 2011. Inconsistencia del coeficiente de variación para expresar la variabilidad de un experimento en un modelo de análisis de varianza. *Revista Cultivos Tropicales*, 32(3): 59-62.
- Villa, D. 2002. Suelos afectados por sales. Barcelona.
- Zuñiga, E., Osorio, J., Cuero, R., & Peña, J. (2011). Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de suelos degradados por salinidad: *Revista Universidad Nacional de Colombia*, 13(1): 100-121.

ANEXOS

Anexo 1

Reporte de análisis de laboratorio

	ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE" LABORATORIO DE SUELOS TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km 5 Carretera Quevedo – El Empalme; Apartado 24 Quevedo – Ecuador Teléfono : 052 783044 Ext 201
---	--

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre:	José Robalino Zambrano	Nombre:	S/N	Cultivo Actual:	
Dirección:		Provincia:	Manabí	No. Reporte:	975
Ciudad:	Calceta	Cantón:	Bolívar	Fecha de muestreo:	08/09/2016
Teléfono:		Parroquia:	Calceta	Fecha de ingreso:	08/09/2016
Fax:		Ubicación:	Corre Agua	Fecha de salida:	27/09/2016

DETERMINACIÓN DE SALINIDAD EN EXTRACTO DE PASTA DE SUELOS

No. Muestra Laboratorio	Identificación muestra	C.E. dS/m	meq/L								RAS	PSI	pH
			K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	CO ₃	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻			
80170	Roba M1	50,37	6,06	91,09	156,38	251,04	0,00	13,04	18,21	472,67	22,57	18,41	8,2

INTERPRETACIÓN : C.E. =
 0 - 2,0 = Suelo no salino, efecto de sales despreciables.
 2,1 - 4,0 = Suelo ligeramente salino, puede reducirse las cosechas de cultivos sen
 4,1 - 8,0 = Suelo salino, se reducen las cosechas de numerosos cultivos .
 Más de 8 = Suelo muy salino.

Observaciones :


 X. W. Infante
 JEFE DEPARTAMENTO




 RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

Km 5 Carretera Quevedo – El Empalme; Apartado 24
 Quevedo – Ecuador Teléfono : 052 783044 Ext 201

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD			PARA USO DEL LABORATORIO		
Nombre:	José Robalino Zambrano	Nombre:	S/N		Cultivo Actual:		
Dirección:		Provincia:	Manabí		No. Reporte:	975	
Ciudad:	Calceta	Cantón:	Bolívar		Fecha de muestreo:	08/09/2016	
Teléfono:		Parroquia:	Calceta		Fecha de ingreso:	08/09/2016	
Fax:		Ubicación:	Corre Agua		Fecha de salida:	27/09/2016	

DETERMINACIÓN DE SALINIDAD EN EXTRACTO DE PASTA DE SUELOS

80171	Roba T1	9,91	3,11	29,98	18,19	47,70	0,00	11,80	11,16	74,21	9,72	8,86	8,2
80172	Roba T2	10,08	2,56	27,40	19,98	51,26	0,00	11,60	9,69	78,10	10,53	9,53	8,3
80173	Roba T3	10,19	2,80	31,08	15,35	51,17	0,00	5,12	6,30	90,06	10,62	9,60	8,1
80174	Roba T4	9,03	2,51	24,33	14,55	49,16	0,00	4,72	27,92	57,60	11,15	10,03	8,2
80175	Roba T5	8,92	2,42	24,86	14,72	47,98	0,00	4,48	28,59	56,10	10,79	9,74	8,1

INTERPRETACIÓN : C.E. =

- 0 - 2,0 = Suelo no salino, efecto de sales despreciables.
- 2,1 - 4,0 = Suelo ligeramente salino, puede reducirse las cosechas de cultivos sen
- 4,1 - 8,0 = Suelo salino, se reducen las cosechas de numerosos cultivos .
- Más de 8 = Suelo muy salino.

Observaciones :

X. W. [Signature]
 JEFE DEPARTAMENTO

[Signature]
 RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 2

Resultados de los análisis físicos de pH, Conductividad y cálculo de la Salinidad.

Tratamientos	pH				Conductividad eléctrica (dS/m)				Salinidad (%)			
	8 días	16 días	22 días	30 días	8 días	16 días	22 días	30 días	8 días	16 días	22 días	30 días
T1	7,49	7,16	7,10	7,22	46,2	30,5	30,4	17,5	3,15	2,08	2,07	1,19
	7,22	7,26	7,38	7,52	53,7	37,3	34,2	23,3	3,67	2,54	2,33	1,58
	7,19	7,35	7,17	6,92	45,6	33,4	22,8	30,5	3,11	2,27	1,55	2,08
	6,72	7,29	7,54	7,75	42,6	32,2	24,6	8,9	2,90	2,19	1,67	0,60
	6,9	7,41	7,42	7,33	58,5	36,7	34,0	26,0	4,00	2,50	2,32	1,81
T2	7,60	7,21	7,15	7,33	41,0	35,1	35,5	36,7	2,79	2,39	2,42	2,50
	7,78	7,54	7,62	7,44	41,8	31,4	27,4	39,6	2,85	2,14	1,86	2,70
	6,75	7,42	7,43	7,60	53,2	28,4	28,9	24,2	3,63	1,93	1,97	1,64
	7,42	7,35	7,80	7,69	35,5	28,2	19,4	38,2	2,42	1,92	1,32	2,60
	7,68	7,48	7,41	7,54	58,5	30,1	26,8	28,6	4,00	2,05	1,82	1,95
T3	7,75	7,72	7,78	7,62	51,9	39,0	38,3	23,6	3,54	2,66	2,61	1,60
	7,54	7,53	7,56	7,45	52,2	32,5	36,0	20,2	3,56	2,21	2,45	1,37
	7,90	7,74	7,62	7,70	49,8	28,4	38,6	14,9	3,40	1,93	2,63	1,01
	7,53	7,61	7,65	7,71	49,2	27,7	30,3	15,0	3,36	1,88	2,06	1,02
	7,61	7,38	7,74	7,75	48,6	29,0	29,7	33,3	3,32	1,97	2,02	2,27
T4	7,37	7,52	7,53	7,83	46,7	36,7	37,5	27,9	3,19	2,50	2,55	1,90
	7,12	7,72	7,62	7,62	46,5	33,6	38,3	33,8	3,17	2,29	2,61	2,30
	6,89	7,54	7,72	7,77	53,8	35,4	28,6	15,0	3,67	2,41	1,95	1,02
	7,00	7,25	7,68	7,80	41,0	38,3	36,2	14,5	2,79	2,61	2,47	0,98
	7,26	7,28	7,78	7,43	44,1	46,8	45,5	24,7	3,01	3,19	3,10	1,68
T5	7,17	7,35	7,38	7,66	36,4	27,2	28,5	33,6	2,48	1,85	1,94	2,29
	7,15	7,47	7,60	7,65	41,0	29,5	29,3	32,3	2,79	2,01	1,99	2,20
	7,10	7,19	7,64	7,77	41,2	34,6	27,2	13,7	2,81	2,36	1,85	0,93
	7,13	7,38	7,71	7,35	58,0	44,0	30,2	20,6	3,96	3,00	2,06	1,40
	7,18	7,40	7,40	7,75	48,9	31,6	26,2	12,8	3,34	2,15	1,78	0,87

Anexo 2. A. Análisis del suelo del sitio Correagua después de la aplicación de los tratamientos

Anexo 3

Cronología fotográfica: Fotos del proceso de la investigación.



Anexo 3. A. Suelo del área de estudio



Anexo 3. B. Toma de muestras de suelo.



Anexo 3. B. Preparación de las dosis de microorganismos



Anexo 3. A. Preparación de los tratamientos



Anexo 3.E. Dosis de microorganismos preparadas y rotuladas



Anexo 3. F. Aplicación de las dosis de microorganismos



Anexo 3.G. Tratamientos y replicas con los cocteles de microorganismos y *Azolla caroliniana*



Anexo 3. H. Molido de las muestras en el laboratorio de suelos de la ESPAM MFL



Anexo 3. I. Agitando la solución del suelo en el laboratorio de suelos de la ESPAM MFL.



Anexo 3. J. Filtración de las muestras de suelo previamente agitadas en el laboratorio de suelos de la ESPAM MFL.



Anexo 3. K. Medición de la conductividad eléctrica de cada uno de los tratamientos en el laboratorio de suelo de la ESPAM MFL.



Anexo 3. L. Medición del pH de cada uno de los tratamientos en el laboratorio de suelo de la ESPAM MFL.