



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

CARRERA DE MEDIO AMBIENTE

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

TEMA:

**APLICACIÓN DE COCTELES MICROBIANO Y BOVINAZA-
CASCARILLA DE ARROZ PARA LA RECUPERACIÓN DE
MUESTRAS DE SUELOS SALINOS DEL SITIO CORREAGUA,
MANABÍ**

AUTORES:

**DIANA GISSEL ÁLAVA CHUMO
EMMANUEL GEOMAR HAZ VILLAMAR**

TUTOR:

ING. CARLOS DELGADO VILLAFUERTE. Mg. C.A.

CALCETA, JUNIO 2017

DERECHOS DE AUTORÍA

Diana Gissel Álava Chumo y Emmanuel Geomar Haz Villamar, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado por 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 reglamento.

.....
DIANA G. ÁLAVA CHUMO

.....
EMMANUEL G. HAZ VILLAMAR

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Carlos Ricardo Delgado Villafuerte certifico haber tutelado la tesis **APLICACIÓN DE COCTELES MICROBIANO Y BOVINAZA-CASCARILLA DE ARROZ PARA LA RECUPERACIÓN DE MUESTRAS DE SUELOS SALINOS DEL SITIO CORREAGUA-MANABÍ**, que ha sido desarrollada por Diana Gissel Álava Chumo y Emmanuel Geomar Haz Villamar, 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. CARLOS RICARDO DELGADO VILLAFUERTE, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **APLICACIÓN DE COCTELES MICROBIANO Y BOVINAZA-CASCARILLA DE ARROZ PARA LA RECUPERACIÓN DE MUESTRAS DE SUELOS SALINOS DEL SITIO CORREAGUA-MANABÍ**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Diana Gissel Álava Chumo y Emmanuel Geomar Haz Villamar, 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 Feliz López, que nos dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día.

A Dios nuestro Padre Celestial, por darnos salud, inteligencia y sabiduría para cumplir con nuestras metas planteadas a lo largo de la vida.

A nuestras familias y en especial a nuestros padres, hermanos y hermanas que tuvieron una participación directa en nuestra formación profesional y han sido los pilares y soportes fundamentales.

A nuestras parejas sentimentales que nos brindaron su apoyo incondicional, dedicación y amor en todo momento.

A nuestros amigos y amigas que nos ofrecieron su amistad incondicional y nos apoyaron de manera emocional y a todas las personas que de una u otra manera aportaron para la elaboración de esta tesis, gracias.

A nuestros docentes, en especial a los ingenieros Julio Loureiro y Carlos Delgado Villafuerte por todo su apoyo en el desarrollo de la tesis.

A nuestro querido cotutor de tesis, Ing. Piero Fajardo por habernos ofrecido todo su potencial académico y profesional para la elaboración de este trabajo de investigación.

Los autores

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico con mucho amor y aprecio a:

A Dios, por ser mi guía en el camino y darme la fortaleza para cumplir cada meta.

A mis padres María Chumo y Rafael Álava, quienes han sabido guiarme con mucho amor, cariño, constancia y por darme fuerzas y valor en los momentos en que más necesite.

A mi esposo Vicente Torres, por ser un pilar fundamental en mi vida y por todo su apoyo en cada meta trazada, a mi hija Tiziana Torres, quien es mi motivación para seguir cada día.

A mis hermanos Miguel Álava, Rafael Álava y Jazmín Álava por todo el apoyo y fe depositada en mí.

Diana Álava Chumo

Dedico este trabajo de manera muy especial a mi hija Ashlys y mi esposa Leonela Moreira, por ser la inspiración de mi vida.

A mis padres, Henry Haz y Gloria Villamar, por acompañarme y apoyarme a lo largo de toda mi vida.

A mis hermanos y a mis amigos del alma por estar siempre presentes y brindarme su apoyo incondicional durante todo este proceso.

Emmanuel Haz Villamar

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
CONTENIDO GENERAL.....	vii
CONTENIDO DE CUADROS.....	ix
CONTENIDO DE FIGURAS.....	x
CONTENIDO DE GRÁFICOS	x
RESUMEN.....	xi
PALABRAS CLAVE	xi
ABSTRACT.....	xii
KEYWORDS.....	xii
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 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	3
1.4 HIPÓTESIS.....	4
1.4.1 VARIABLE DEPENDIENTE.....	4
1.4.2 VARIABLE INDEPENDIENTE	4
2 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 ASPECTOS CONCEPTUALES.....	5
2.1.1 TRATAMIENTO DE SUELOS.....	5
2.1.2 SUELOS SALINOS.....	5
2.1.3 SUELOS SÓDICOS.....	5
2.2 ASPECTOS REFERENCIALES.....	6
2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE SUELOS SALINOS.....	6
2.2.2 DINÁMICA DE LA SALINIDAD EN LOS SUELOS.....	6
2.2.3 EFECTO DE LA SALINIDAD EN LAS PLANTAS	6

2.2.4	CAUSA DE LA SALINIDAD EN EL SUELO	7
2.2.5	IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA E INCORPORACIÓN MICROBIANA EN EL SUELO	8
2.2.6	CONSORCIO MICROBIANO.....	9
2.2.7	MICROORGANISMOS ANALIZADOS.....	9
2.2.8	COMPONENTES NUTRICIONALES	11
2.2.9	VARIABLES ANALIZADAS.....	12
2.3	CACIONES Y ANIONES SOLUBLES.....	12
2.4	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO CIC	13
2.4.1	COEFICIENTE DE VARIACIÓN	14
2.5	PRUEBA DE COMPARACIONES MÚLTIPLES DUNCAN	15
3	CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	16
3.1	UBICACIÓN	16
3.2	DURACIÓN.....	16
3.3	FACTOR EN ESTUDIO.....	16
3.4	NIVELES DE ESTUDIO	17
3.5	TRATAMIENTOS.....	17
3.6	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	17
3.7	UNIDAD EXPERIMENTAL.....	18
3.8	VARIABLES EN ESTUDIO	18
3.8.1	pH.....	18
3.8.2	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	18
3.8.3	SALINIDAD	18
3.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	18
3.10	PROCEDIMIENTO.....	18
3.10.1	FASE 1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SUELOS DEL SITIO CORREAGUA	18
3.10.2	FASE 2. IMPLEMENTACIÓN DE LAS DOSIS RESPECTIVAS PARA CADA TRATAMIENTO EXPUESTO.....	20
3.10.3	FASE 3. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS.....	23
4	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24

4.1	ANÁLISIS PREVIOS A LA APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS AL SUELO DEL SITIO CORREAGUA	24
4.2	CÁLCULO DE LA DOSIS ADECUADA	25
4.3	DETERMINACIÓN LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTOS	27
4.3.1	PH	27
4.3.2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	30
4.3.3	SALINIDAD	32
4.4	EFICIENCIA.....	34
4.4.1	PRECIOS	36
5	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
5.1	CONCLUSIONES	38
5.2	RECOMENDACIONES	39
	BIBLIOGRAFÍA.....	40
	ANEXOS.....	48
	Anexo 1. Análisis iniciales de salinidad del suelo	49
	Anexo 2. Cronología fotográfica del desarrollo de la tesis.....	50
	Anexo 3. Coordenadas y puntos de muestreo de la investigación.....	51
	Anexo 5. Análisis finales del suelo del sitio Correagua con 0,5% de bovinaza y cascarilla de arroz	53
	Anexo 6. Análisis finales del suelo del sitio Correagua con 1% de bovinaza y cascarilla de arroz	54

CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 2.1	Capacidad de intercambio catiónico según la naturaleza de las partículas.	14
Cuadro 2.2.	Capacidad de intercambio catiónico de acuerdo a la textura del suelo.	14
Cuadro 2.3.	Rango de Aceptabilidad de los CV de acuerdo a ensayos agrícolas	14
Cuadro 3.1.	Niveles de estudio	17

Cuadro 3.2. Dosis para los tratamientos que se les añadió 0,5% de bovinaza y cascarilla de arroz	22
Cuadro 3.3. Dosis para los tratamientos que se les añadió 0,5% de bovinaza y cascarilla de arroz	22
Cuadro 4.1. Análisis iniciales del suelo del INIAP Estación Experimental Pichillngue	24
Cuadro 4.2. Cálculo del peso total de las unidades experimentales	27
Cuadro 4.3. Valores del pH en los monitoreos	27
Cuadro 4.4. Análisis estadístico de las variables – Potencial de hidrógeno	28
Cuadro 4.6. Valores de la conductividad eléctrica en los monitoreos	30
Cuadro 4.4. Análisis estadístico de las variables – Conductividad Eléctrica ...	30
Cuadro 4.7. Valores de la salinidad en los monitoreos	32
Cuadro 4.8. Eficiencia de los tratamientos	34
Cuadro 4.9. ANOVA de la Conductividad eléctrica	34
Cuadro 4.10. ANOVA de la salinidad	35
Cuadro 4.11. Prueba de comparaciones de Duncan con 5% de significancia para los niveles del factor A (ME).....	35
Cuadro 4.12. Prueba de comparaciones de Duncan con 5% de significancia para los tratamientos.....	36
Cuadro 4.13. Precios de la aplicación de tratamientos	36

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 3.1. Imagen satelital de la zona de estudio.....	16
--	----

CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1. Comportamiento del pH en los monitoreos	27
Gráfico 4.2. Comportamiento de la Conductividad eléctrica en los monitoreos	30
Gráfico 4.3. Comportamiento de la salinidad en los monitoreos	32

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue aplicar cocteles microbianos con bovinaza + cascarilla de arroz (BC) para recuperación de suelos salinos del sitio Correagua – Manabí, la muestra inicial poseía una Conductividad Eléctrica (CE) 50,37 dS/m, cada unidad experimental se constituyó en 6 kg de suelo distribuidas en 8 tratamientos con cinco repeticiones cada uno: T1 = (*Trichoderma harzianum* + BC al 0.5 %); T2 = *T. harzianum* + BC al 1 %; T3 = (*Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae* *Beauveria bassiana* + BC al 0.5%); T4 = (*P. lilacinus*, *M. anisopliae*, *B. bassiana* + BC al 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 (CM) + BC 0.5 %); T8 = (CM + BC 1 %). Las variables en estudio fueron el pH, CE, Salinidad. Los datos obtenidos se sometieron al análisis estadístico en InfoStat con prueba de significancia Duncan con 5% de probabilidad, dando como resultado que los mejores tratamientos fueron el T1 (con eficiencia de 79,7%) y T2 (80,6%), concluyendo que estas alternativas son eficaces para la recuperación de suelos salinos, pero se recomienda el T1 por su menor costo económico.

PALABRAS CLAVE

Conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, microorganismos.

ABSTRACT

The objective of this research was to apply microbial cocktails with bovine + rice husks (BC) for the recovery of saline soils in a place called Correagua - Manabí, the initial sample had an Electric Conductivity (EC) of 50.37 dS / m, each experimental unit was constituted in 6 kg of soil distributed in 8 treatments with five replicates each: T1 = (*Trichoderma harzianum* + 0.5% BC); T2 = *T. harzianum* + 1% BC; T3 = (*Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* + 0.5% BC); T4 = (*P. lilacinus*, *M. anisopliae*, *B. bassiana* + 1% BC); T5 = (*Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chocoococcum*, *Lactobacillus acidophilus* and *Saccharomyces cerevisiae* + 0.5% BC); T6 = (*A. brasilense*, *A. chocoococcum*, *L. acidophilus* and *S. cerevisiae* + BC 1%); T7 = (Combination of all microorganisms (CM) + BC 0.5%); T8 = (CM + 1% BC). The variables studied were pH, EC, Salinity. The obtained data were submitted to the statistical analysis in InfoStat with Duncan significance test with 5% probability, resulting in that the best treatments were T1 (with 79.7% efficiency) and T2 (80.6%), concluding that these alternatives are effective for the recovery of saline soils, but T1 is recommended because of its lower economic cost.

KEYWORDS

Electrical conductivity, hydrogen potential, microorganisms

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Uno de las problemáticas que pueden presentarse en los suelos, es la acumulación de sales solubles (Román *et al.*, 2006) como uno de los factores que limita actualmente la agricultura en grandes extensiones de tierra, de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), 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 salinos, a 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 potencial de hidrogeno (pH) no excede los 8,5.

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 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).

La presente investigación promueve resolver la problemática de salinización de suelos mediante la aplicación de métodos de biorremediación, en el sitio Correagua, Parroquia Crucita, Cantón Portoviejo. A partir de estos antecedentes se plantea la siguiente pregunta:

¿El tratamiento *in vitro* de coctel microbiano y bovinaza-cascarilla de arroz reducirá la salinidad en las muestras de suelos en el Sitio Correagua - Manabí

1.2 JUSTIFICACIÓN

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).

Una de las posibles soluciones es utilizar métodos de remediación que se basan en resolver estos problemas de manera biológica (Escobar *et al.*, 2011) y así obtener resultados positivos para brindar 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”*

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 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.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Aplicar cocteles microbianos y bovinaza-cascarilla de arroz para recuperar muestras de suelos salinos en el sitio Correagua - Manabí.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la situación actual de los suelos del sitio Correagua, parroquia Crucita, cantón Portoviejo
- Implementar las dosis respectivas para cada tratamiento expuesto.
- Determinar la eficiencia de los tratamientos con el uso de coctel microbiano y bovinaza-cascarilla en la recuperación de suelos salinos.

1.4 HIPÓTESIS

No existen diferencias significativas entre los tratamientos (*in vitro*) de cocteles microbianos y bovinaza con cascarilla de arroz, aplicadas a las muestras de suelos salinos.

1.4.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Recuperación de muestras de suelos salinos.

1.4.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Cocteles microbianos y bovinaza - cascarilla de arroz

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ASPECTOS CONCEPTUALES

2.1.1 TRATAMIENTO DE SUELOS

La FAO (2015), establece que 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.

2.1.2 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 óptimos de las plantas.

Se desarrollan preferentemente en regiones en donde las lluvias son insuficientes para compensar las pérdidas de agua causadas por la evapotranspiración. También en regiones húmedas bajo condiciones de alta demanda evaporativa, nivel freático superficial y la actividad humana (Jobbágy *et al.*, 2008).

2.1.3 SUELOS SÓDICOS

Se conoce como sódicos a aquellos suelos de las regiones semiaridas, semihúmedas y húmedas en los cuales predomina el ión Na⁺ en el complejo de cambio.

En estas 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)

2.2 ASPECTOS REFERENCIALES

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE SUELOS SALINOS

De acuerdo a Gat Fertilíquidos (2014), los suelos salinos se encuentran caracterizados por:

- Alta concentración de sales solubles.
- Buena estructura.
- Buena permeabilidad.
- RAS bajo.
- pH menor de 8.5.

2.2.2 DINÁMICA DE LA SALINIDAD EN LOS SUELOS

La salinidad y la sodicidad, son dos conceptos que se relacionan y tienen que ver con un incremento del contenido de sales en los suelos, que provoca, entre otras cosas, la disminución del rendimiento de los cultivos. Estos procesos en los suelos, se pueden determinar con base en su porcentaje de sodio intercambiable (PSI), midiendo la conductividad eléctrica en el extracto de saturación y evaluando su basicidad mediante su pH.

La salinidad tiene lugar en regiones subhúmedas, áridas y semiáridas, así como en regiones costeras húmedas, donde las depresiones se enriquecen con sales a una rapidez mayor que la de su lixiviación. La acumulación de sales es preferencial en los suelos con depresiones con un contenido elevado de arcillas y baja permeabilidad, con lixiviación reducida, así como sulfatos y cloruros como sales predominantes (Mata *et al.*, 2014).

2.2.3 EFECTO DE LA SALINIDAD EN LAS PLANTAS

De acuerdo con Ariza (2012), la salinidad afecta cada aspecto de la fisiología de la planta y su metabolismo. La alta concentración de sales le ocasiona un desequilibrio iónico y estrés osmótico. Un fuerte estrés salino rompe la homeostasis del potencial hídrico y la distribución de iones. La respuesta

adaptativa para lograr tolerar la salinidad afecta a tres aspectos en la actividad de la planta:

- Prevenir o reparar el daño o detoxificación.
- Control de la homeostasis iónica y osmótica.
- Control del crecimiento, que debe reanudarse, pero con una tasa reducida.

El estrés salino rompe la homeostasis iónica de las plantas al provocar un exceso tóxico de sodio (Na^+) en el citoplasma y una deficiencia de iones como el potasio (K^+). El sodio inhibe muchas enzimas y por eso es importante prevenir la entrada del mismo al citoplasma. Las plantas emplean varias estrategias para combatir el estrés iónico que les impone la salinidad.

La compartimentación del sodio es una respuesta económica para la prevención de la toxicidad por este ion en el citosol, porque el ion sodio puede ser usado como osmolito en la vacuola para ayudar a conseguir la homeostasis iónica. Muchas plantas tolerantes a la salinidad (halófitas) cuentan con esta estrategia

2.2.4 CAUSA DE LA SALINIDAD EN EL SUELO

Dos son las condiciones necesarias para que se produzca la acumulación de sales en los suelos: aporte de sales y su posible eliminación ha de estar impedida (Jaramillo, 2002).

2.2.4.1 CAUSAS NATURALES

En primer lugar, pueden proceder directamente del material original. Efectivamente algunas rocas, fundamentalmente las sedimentarias, contienen sales como minerales constituyentes. Por otra parte, en otros casos ocurre que, si bien el material original no contiene estas sales, se pueden producir en el suelo por alteración de los minerales originales de la roca madre. Por otra parte, también las sales disueltas en las aguas de escorrentía, se acumulan en las depresiones y al evaporarse la solución se forman acumulaciones salinas. Muchos de los suelos salinos deben su salinidad a esta causa (Núñez, 2000).

2.2.4.2 CAUSAS ANTRÓPICAS

La salinidad del suelo también puede producirse como resultado de un manejo inadecuado por parte del hombre. La agricultura, desde su comienzo, ha provocado situaciones de salinización, cuando las técnicas aplicadas no han sido las correctas. La actividad agraria y especialmente el riego, ha provocado desde tiempos remotos procesos de salinización de diferente gravedad: cuando se han empleado aguas conteniendo sales sin el debido control (acumulándose directamente en los suelos o contaminando los niveles freáticos), o bien cuando se ha producido un descenso del nivel freático regional y la intrusión de capas de agua salinas, situadas en zonas más profundas, como consecuencias de la sobreexplotación (Samper, 2000).

El empleo de elevadas cantidades de fertilizantes, especialmente los más solubles, más allá de las necesidades de los cultivos, es otra de las causas que provocan situaciones de altas concentraciones de sales, que contaminan los acuíferos y como consecuencia los suelos que reciben estas aguas. Todas estas situaciones son muy típicas de zonas más o menos áridas sometidas a una actividad agrícola muy intensa (Navarro, 2002).

2.2.5 IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA E INCORPORACIÓN MICROBIANA EN EL SUELO

De forma general, la adición de enmiendas orgánicas puede influir positivamente en las propiedades físicas del suelo mejorando su estructura, incrementando la formación y estabilidad de agregados, y la capacidad de retención hídrica del suelo.

Las poblaciones microbianas se verán positivamente influenciadas por el mayor contenido de fuentes de energía y nutrientes en el suelo, aumentando su desarrollo y actividad, lo que tendrá efectos positivos sobre el crecimiento vegetal. La comunidad microbiana incorporada al suelo con la enmienda orgánica también juega un papel importante en la evolución de los agregados, ya que controla la degradación de la materia orgánica, que provee al suelo con compuestos orgánicos que intervienen en la formación de agregados.

Los residuos orgánicos al ser incorporados al suelo ejercen un efecto tampón debido a la presencia de iones Ca^{+2} y de sales básicas. La capacidad de cambio catiónica aumenta en suelos tratados con materiales orgánicos (Comese *et al.*, 2009).

2.2.6 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 sin tróficos (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.*, 2007)

2.2.7 MICROORGANISMOS ANALIZADOS

2.2.7.1 *Trichoderma harzianum*

La especie *Trichoderma harzianum* presentan ubicuidad, alta facilidad para ser aisladas y cultivadas y su crecimiento rápido en un gran número de sustratos (Papavizas *et al.*, 1982). Además, se adapta a cualquier tipo de ambiente, suelo y cultivo y posee una calidad de proteínas muy amplia (Romero *et al.*, 2009).

La temperatura óptima para su crecimiento lineal en agar y producción de micelio está entre 20 y 28 °C, aunque crece bien entre 6 a 32 °C. Las especies de este género generalmente prefieren un pH ácido de 4.5 - 5 y, además se desarrolla en áreas con un excesivo contenido de humedad y un estancamiento del bióxido de carbono en la atmósfera (Romero *et al.*, 2009).

Nico *et al.* (1999) estudiaron seis especies de *Trichoderma* frente a *Sclerotinia spp.*, *Sclerotium rolfsii* Curzi y obtuvieron mayor colonización a 25 – 30 °C y 20 - 25 °C, respectivamente, con diferencias entre los aislamientos. Además, cuando las temperaturas del suelo oscilaron entre 10 °C y 15 °C y existe baja disponibilidad de nutrientes esenciales, *Trichoderma* no creció y disminuyó su actividad antagónica.

2.2.7.2 *Paecilomyces lilacinus*

Paecilomyces lilacinus puede crecer en una amplia gama de temperaturas de 8 °C a 38 °C para algunos aislamientos, con crecimiento óptimo en la gama 26 – 30 °C. También tiene una tolerancia amplia del pH (4 - 7) y puede crecer en una variedad de sustratos (Hernández *et al.*, 2012).

2.2.7.3 *Metarhizium anisopliae*

Es un parásito facultativo que puede almacenarse durante 3 años a temperatura inferior a 20 °C. Las esporas resisten 5 días a 50 °C, 14 días a 40 °C y 1 año a 30 °C. En larvas de insectos sensibles y profundidad de hasta 2 cm su acción puede ser del 100%, pero a medida que las conidias se sitúan a mayor profundidad la eficacia desciende, a más de 15 cm puede ser inferior al 10%. Prefieren un pH comprendido de 5 - 8 (Bautista *et al.*, 2012).

2.2.7.4 *Beauveria bassiana*

B. bassiana es un hongo imperfecto que pertenece a la subdivisión *Duteromycotina*, clase *Hyphomycetes*, caracterizado por la formación de micelio septado con producción de conidias, o formas de reproducción asexual, en conidióforos que nacen a partir de hifas ramificadas.

Las conidias son el estado infectivo del hongo, que después de germinar inician la penetración a través de la cutícula del insecto por medio de procesos enzimáticos (Sandoval, 1997).

2.2.7.5 *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus* y *Saccharomyces cerevisiae*

Los microorganismos benéficos del suelo como *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Sacharomyces cerevisiae* y enzimas microbianas nitrificantes, fosfolubilizadores, proteolíticas y celulolíticas, actúan para regenerar la vida del suelo y para mejorarlo. Contribuyen a limpiarlo de las toxinas que se acumulan por la descomposición de los subproductos de cosecha. También digieren la materia orgánica de los

subproductos hasta biotransformarlos en suelo y en nutrientes disponibles para las plantas, forman muy bien las raíces y mejora la asimilación de los nutrientes que se depositan durante las cosechas con la fertilización y la transformación orgánica, para un buen balance nutricional (Ecología Pura SRL, 2009).

Peoples y Craswell (1992), mencionan que estos microorganismos presentan mayor crecimiento a temperaturas entre 32 y 36 °C (Peoples y Craswell, 1992). La eficiencia de estos microorganismos mejora en pH de 5,8 a 7,0 (García *et al.*, 2012).

2.2.8 COMPONENTES NUTRICIONALES

2.2.8.1 BOVINAZA

En total la existencia de ganado vacuno en Ecuador en el 2011 llegó a 5,3 millones de cabezas, de los cuales Manabí registra 982.833 animales (ESPAC, 2011). El bovino adulto defeca de 10 a 15 veces por día, y la cantidad total de heces eliminada es de unos 20 a 30 kg por día, pudiendo elevarse hasta 45 kg., cuando la pastura es muy tierna, la cantidad de agua eliminada por heces puede alcanzar los 40 litros/día, un vacuno excreta por día alrededor del 5 al 6% de su peso vivo. El estiércol bovino es un material de lenta degradabilidad, y su principal función es la de promover la agregación de las partículas terrosas y la estabilidad de los glomérulos, por lo que se utiliza con la finalidad de acondicionar el suelo con micro y macro nutrientes estando en segundo término el efecto nutritivo (Gil, 2006).

De acuerdo a estudios realizados por (Pérez *et al.*, 2010) la bovinaza presenta alta densidad poblacional de los hongos *Penicillium sp*, *Moniliaceae*, Levaduras y bacterias del grupo Bacilo Gram-negativo.

2.2.8.2 CASCARILLA DE ARROZ

La cáscara de arroz aumenta la cantidad de carbono en el suelo lo cual produce inmovilización del nitrógeno y otros nutrientes en el suelo y Pino *et al.* (2008) en estudios realizados por Auquilla y Auquilla (2012) este tipo de fibra presenta un alto grado de eficiencia biológica (60,25%).

2.2.9 VARIABLES ANALIZADAS

2.2.9.1 PH

La salinidad no siempre tiene que ir asociada a un pH alcalino, sino que cuando se alcanzan valores muy ácidos se produce la solubilización de sales alumínicas que pueden generar una elevada conductividad con un riesgo añadido, la presencia de aluminio soluble en cantidades suficientes para ser tóxico para la mayoría de las plantas. Por ello cuando el pH baja de 3.5 se consideran salinos los suelos con conductividad superior a 8 dS/m , como en el caso de la alcalinidad (García, 2005). Generalmente, los cultivos prefieren un pH entre 6 y 7, debido a que este valor permite la máxima disponibilidad de nutrientes (Pérez, 2013).

2.2.9.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica (CE) nos sirve para medir la concentración total de sales en una solución, pero no indica qué sales están presentes. En laboratorios de suelo se determina la CE del extracto de suelo saturado o una relación determinada de suelo: agua (GAT fertilíquidos, 2014). La medida de la conductividad eléctrica (CE) del suelo y de las aguas de riego permite estimar en forma casi cuantitativa la cantidad de sales que contiene. Según el laboratorio Riverside de la Universidad de California en los Estados Unidos una conductividad eléctrica en un rango comprendido entre 0-2 mS/cm tiene una influencia sobre los cultivos imperceptible, es decir no afectan a los cultivos ni a la fertilidad del suelo (United States Department Of Agriculture, 1996).

2.2.9.3 SALINIDAD

La salinidad es la consecuencia de la presencia en el suelo de sales más solubles que el yeso (García, 2005), por lo general se trata de cloruros y sulfatos de sodio y de magnesio (Mata *et al.*, 2014).

2.3 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^+ , $\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y Cl^- . Ocasionalmente se determinan también NO_3^- y SiO_2 soluble (Manzano *et al.*, 2014).

2.4 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^{++} NH_4^+ 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 2.1 Capacidad de intercambio catiónico según la naturaleza de las partículas

Naturaleza de la partícula	CIC cmol.kg ⁻¹
Cuarzo y feldspatos	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 2.2. 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

2.4.1 COEFICIENTE DE VARIACIÓN

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 dos estadísticos que reflejan diferentes características de la población (Vásquez, 2011). Según varios investigadores el coeficiente de variación de Pearson es fundamental como indicador de la calidad del experimento (Ruíz, 2010). Muchos científicos usan el CV para aceptar o rechazar la validez de los experimentos (Gordón y Camargo, 2015). Por otro lado, (Pimentel, 1985) señala que normalmente en los ensayos agrícolas de campo los CV se consideran:

Cuadro 2.3. 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%

2.5 PRUEBA DE COMPARACIONES MÚLTIPLES DUNCAN

Los procedimientos de comparaciones múltiples de Duncan y Dunnett son ampliamente usados en investigación agrícola y están descritos en numerosos libros de metodología estadística (Miller, 1966). De acuerdo a García *et al.* (2001) entre los métodos de Duncan, el segundo es mejor pues selecciona conjuntos con menos tratamientos; el de Duncan es demasiado conservador.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1 UBICACIÓN

El presente trabajo se realizó en el sitio Correagua 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 (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias).

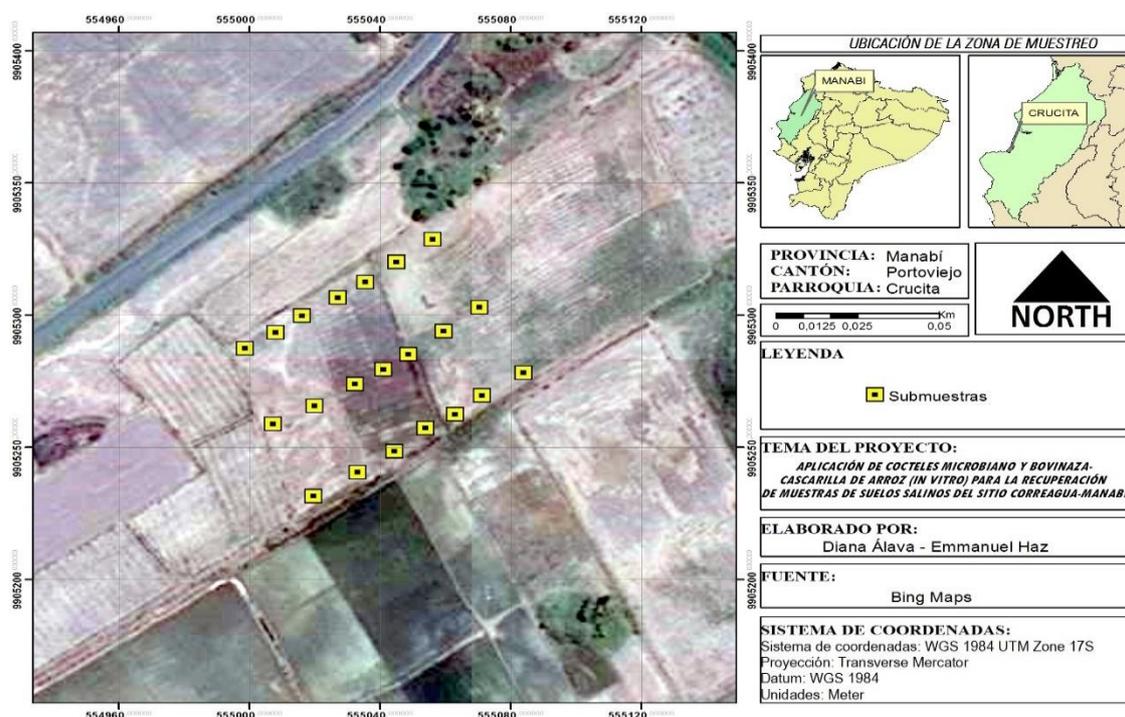


Figura 3.1. Imagen satelital de la zona de estudio

3.2 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.

3.3 FACTOR EN ESTUDIO

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

3.4 NIVELES DE ESTUDIO

Cuadro 3.1. Niveles de estudio

Microorganismos		Bovinaza / Cascarilla de arroz	
E1	<i>Thichoderma harzianum</i> (THICHODE)		
E2	<i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Beauveria bassiana</i> (MICLOPAS)	B1	0,5% (50%; 50%)
E3	<i>Azospirillum brasilense</i> , <i>Azotobacter choococcum</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> y <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (BATHON)	B2	1% (50%; 50%)
E4	Combinación de las anteriores (E1+E2+E3)		

Elaboración: Autores de la Investigación

3.5 TRATAMIENTOS

Cuadro 3.2. Tratamientos

0,5 % B		1 % B	
Tratamiento 1	E ₁ B ₁	Tratamiento 2	E ₁ B ₂
Tratamiento 3	E ₂ B ₁	Tratamiento 4	E ₂ B ₂
Tratamiento 5	E ₃ B ₁	Tratamiento 6	E ₃ B ₂
Tratamiento 7	E ₄ B ₁	Tratamiento 8	E ₄ B ₂

B₁: 0.5% (50% Bovinaza + 50% Cascarilla de arroz) **B₂:** 1% (50% Bovinaza + 50% Cascarilla de arroz)

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

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

Cuadro 3.3. Diseño experimental del trabajo

FV	GL
Microorganismos	3
Concentraciones de bovinasa	1
Bovinasa x ME	3
Error	32
Total	39

3.7 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.

3.8 VARIABLES EN ESTUDIO

3.8.1 pH

Se midió el pH utilizando un potenciómetro de mesa a cada uno de los tratamientos con sus respectivas réplicas.

3.8.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

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.

3.8.3 SALINIDAD

Se midió el porcentaje (%) de salinidad utilizando un salinómetro portátil a cada uno de los tratamientos con sus respectivas réplicas.

3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó el análisis estadístico mediante el software o programa estadístico (InfoStat, 2015).

3.10 PROCEDIMIENTO

3.10.1 FASE 1. 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

3.10.1.1 ACTIVIDAD 1. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

A través de la visita de campo se constató que el sitio Correagua presentó 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 y fertilización de los cultivos.

3.10.1.2 ACTIVIDAD 2. TOMA DE MUESTRAS DE SUELO

Para la elección del lote se consideró la opinión de la población del sitio Correaguas 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 (anexo 4) que de acuerdo a Sosa (2012) es un método con el que se obtienen muestras representativas de la zona de estudio; se seleccionaron 20 puntos (anexo 3), 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 donde se las preparó (proceso de secado, filtrado y etiquetado) (Moros, 2007) para los análisis físicos-químicos correspondientes.

3.10.1.3 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, esta muestra fue enviada a los laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), debido a que en los laboratorios de microbiología de la carrera de Pecuaria de la ESPAM MFL no realizan estos análisis (anexo 1), además se determinó la

salinidad mediante la ecuación matemática propuesta por Bodelón *et al.*, 1994. Donde se calcula a partir del valor de la conductividad eléctrica.

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

Donde:

CE= conductividad eléctrica
Coeficientes empíricos

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

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

3.10.2 FASE 2. IMPLEMENTACIÓN DE LAS DOSIS RESPECTIVAS PARA CADA TRATAMIENTO EXPUESTO

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

Se revisó informaciones bibliográficas (Aguirre y Tijerina, 2014) y se estableció la dosis idónea a utilizada 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 salinos. Debido a que las especificaciones de aplicación del consorcio microbiano se realizan por hectárea y la aplicación de los tratamientos por Kg se llevó a escala de laboratorio donde se determinó el peso de una hectárea de terreno, mediante la siguiente ecuación (Ferlini, 2008):

$$W_{ha} = 10000m^2 \times P_{ex} \times \rho_a \quad [3.3]$$

Donde,

W_{ha} = Peso de 1 hectárea

P_{ex} = Profundidad de extracción (m)

ρ_a = Densidad Aparente (kg /m³)

Considerando que el área en la cual se tomó las muestras 1 ha (10000 m²), 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/cm³.

3.10.2.2 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):

$$Factor\ C = PM \times \left(\frac{\% \text{ de dosis por unidad experimental}}{100\%} \right) \quad [3.4]$$

Dónde:

PM = peso de la muestra

Factor C = % Bovinaza + % cascarilla de arroz

Para la aplicación de las dosis adecuadas de TrichoD, MicosPlag y Bacthon a las unidades experimentales, se realizó una regla de tres.

Para TrichoD y MicosPlag:

$$\frac{g \text{ de TrichoD} * Kg \text{ de unidad experimental}}{Kg \text{ de suelo por hectárea}}$$

Para Bacthon:

$$\frac{ml \text{ de TrichoD} * Kg \text{ de unidad experimental}}{Kg \text{ de suelo por hectárea}}$$

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

Cuadro 3.4 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</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Beauveria bassiana</i>	A	B	C	D
T5	<i>Azospirillum brasilense</i> , <i>Azotobacter choococcum</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> y <i>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 3.5 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</i> , <i>M. anisopliae</i> , <i>B. bassiana</i>	A	B	C	D
T6	<i>A. brasilense</i> , <i>A. choococcum</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>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 y se utilizaron como lo expresan cada uno de los tratamientos y sus respectivas réplicas. Se homogenizó cada una de las unidades experimentales, se humedeció la tierra y se aplicó los 8 tratamientos.

Posteriormente se midieron variables físicas químicas como pH, Conductividad y se calculó la Salinidad (ecuación 1) en un intervalo de tiempo de 7, 14, 21 y 28 días después de haber aplicado los tratamientos, se observó y analizó el comportamiento de la muestra del suelo frente al tratamiento.

3.10.2.3 ACTIVIDAD 6. REALIZACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE FINALES

Se analizó las muestras de suelo cuando concluyo la aplicación de los tratamientos. Los análisis físicos (pH y conductividad) y el cálculo de la salinidad

mediante la ecuación matemática (ecuación 1) se registraron periódicamente cada 7 días por un mes. (GAT fertilíquidos, 2014).

El pH se determinó a partir de relación extracto de compost/agua, para lo cual las muestras se suspendieron en agua (W/V, 1:10), se agitaron durante 30 minutos (mínimo) en un agitador rotatorio y pH del sobrante se utilizó un potenciómetro (WTW), 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.

3.10.3 FASE 3. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS

3.10.3.1 ACTIVIDAD 7. REALIZACIÓN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICA

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

3.10.3.2 ACTIVIDAD 7. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS Y DOSIS UTILIZADAS

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

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS PREVIOS A LA APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS AL SUELO DEL SITIO CORREAGUA

De acuerdo a los análisis de salinidad realizados en el INIAP Estación Experimental Pichilingue (Cuadro 4.1) el valor de conductividad eléctrica es de 50,37, según su interpretación representó la existencia de suelos sódico-salinos. La salinidad de suelos estuvo determinada por la conductividad eléctrica, siendo muy salino si la conductividad supera los 4 dS/m, además se observa que la CE (Conductividad Eléctrica) y el pH (Potencial Hidrógeno) superó 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.*, 2009 y Liang, 2005).

Cuadro 4.1. Análisis iniciales del suelo del INIAP Estación Experimental Pichilingue

Análisis	Representación	Valor	Unidades
Porcentaje Sodio Intercambiable	PSI	18,41	---
Potencial de Hidrógeno	pH	8,20	---
Relación Adsorción Sodio	RAS	22,57	---
Conductividad Eléctrica	CE	50,37	dS/m
Calcio (Nutrientes)	Ca	380	mg/Kg
Magnesio (Nutrientes)	Mg	188,4	mg/Kg
Potasio (Nutrientes)	K	76,1	mg/Kg
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	795,12	mg/Kg
Calcio	Ca ²⁺	1821,80	mg/Kg
Carbonato	CO ₃	0,00	mg/Kg
Cloro	Cl ⁻	16779,79	mg/Kg
Magnesio	Mg ²⁺	1876,56	mg/Kg
Potasio	K ⁺	236,34	mg/Kg
Sodio	Na ⁺	5773,92	mg/Kg
Sulfato	SO ₄ ⁻	874,08	mg/Kg
Amonio	NH ₄	17	ppm
Fósforo	P	15,00	ppm

En el (anexo 1), se puede apreciar que estos iones presentan concentraciones altas en el suelo del sitio Correagua (especialmente K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}), indicando que este recurso es salino.

Seoáñez (1999), menciona que el pH estuvo directamente relacionado con la disponibilidad de nutrientes ya que se encuentran ligados al porcentaje de saturación de bases; si este es inferior a 100 y si sube el pH, aumentan Ca^{+2} y el Mg^{+2} en la solución del suelo, al ser ambos las bases intercambiables por lo que a medida que sube el pH del suelo, aumentan los enlaces negativos del coloide y se facilita el intercambio iónico.

Los principales cationes de cambio son: Al^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} y Mn^{2+} , siendo dominante los cuatro primeros en suelos ácidos, y el Mg^{2+} y el Ca^{2+} en suelos básicos.

El Na^+ es el catión más importante como elemento intercambiable en suelos salinos. La presencia de estos cationes reduce el poder de infiltración, puesto que actúan mediante presión osmótica, frenando la absorción tanto del agua como de otros iones presentes en el suelo.

Como consecuencia de esta reducción de la infiltración, la estructura del suelo se degrada, disminuyendo considerablemente la capacidad del mismo para mantener una cobertura vegetal, salvo en lo que se refiere a las especies (halófilas), adaptadas a esta sequía fisiológica (Seoáñez, 1999).

4.2 CÁLCULO DE LA DOSIS ADECUADA

De acuerdo al Sistema Nacional de Información la zona de estudio posee suelos del orden vertisol, suborden fluvent y gran grupo ustifluvent (MAGAP y SIGAGRO, 2002) que de acuerdo a Gutiérrez (1999) a profundidades de 10 - 20 cm posee una densidad aparente de $1,27 \text{ g/cm}^3$ cuando se encuentra sometido a labranza tradicional.

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. Aplicando la regla de 3:

Tratamiento 1, 2 y parte del 7 y 8

$$\frac{300 \text{ g TrichoD} \rightarrow 2540000 \text{ Kg}}{x \rightarrow 6 \text{ Kg}} \\ \frac{0,000708661 \text{ g} \rightarrow 0,708661417 \text{ mg}}$$

Como TrichoD se aplicó a 20 unidades experimentales se utilizaron 14,17 mg que fueron disueltos en 20 L de agua, aplicándose 1 L a cada unidad.

Tratamiento 3, 4 y parte del 7 y 8

$$\frac{100 \text{ g MicosPlag} \rightarrow 2540000 \text{ Kg}}{x \rightarrow 6 \text{ Kg}} \\ \frac{0,00023622 \text{ g} \rightarrow 0,23622 \text{ mg}}$$

MicosPlag se inoculó en 20 unidades experimentales, por lo que se pesaron 4,72 mg que se diluyeron en 20 L de agua, siendo 1 L el aplicado en cada recipiente.

Tratamiento 5, 6 y parte del 7 y 8

$$\frac{1000 \text{ ml Bacthon} \rightarrow 2540000 \text{ Kg}}{x \rightarrow 6 \text{ Kg}} \\ \frac{0,002362205 \text{ g} \rightarrow 2,362205 \text{ ml}}$$

En la aplicación del factor C (bovinaza + cascarilla de arroz) en cada una de las unidades experimentales se calculó la dosis adecuada para cada tratamiento.

Aplicación de la formula al 0,5%

Aplicación de la formula al 1%

$$\text{Factor C} = 6 \text{ Kg} \times \frac{0,5\%}{100\%}$$

$$\text{Factor C} = 6 \text{ Kg} \times \frac{1\%}{100\%}$$

Factor C = 0,03 Kg

Factor C = 0,06 Kg

Factor C 0,5% = 50% de bovinaza 0,015 g y %50 de cascarilla de arroz 0,015 g

Factor C 1% = 50% de bovinaza 0,03 g y %50 de cascarilla de arroz 0,03 g

Elaboración: Autores de la Investigación

Cuadro 4.2 Cálculo del peso total de las unidades experimentales

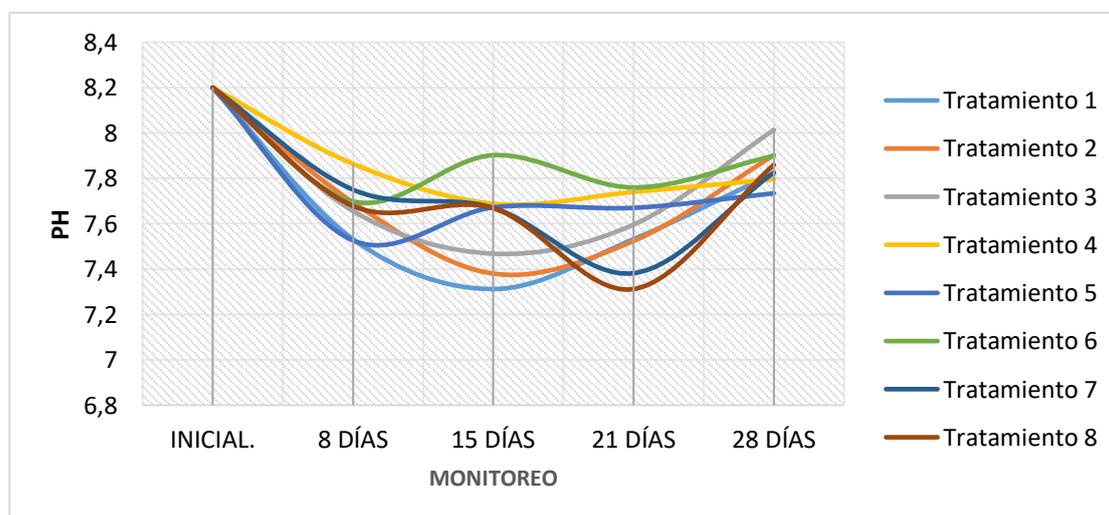
Tratamientos	Muestra de suelo (Kg)	50% de bovinaza (Kg)	50% de cascarilla de arroz (Kg)	Peso total de las UE (Kg)
T1 = <i>Trichoderma harzianum</i> + BC al 0.5 %	5.97	0,015	0,015	6,00
T2 = <i>T. harzianum</i> + BC al 1 %	5.94	0,03	0,03	6,00
T3 = <i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Beauveria bassiana</i> + BC al 0.5 %	5.97	0,015	0,015	6,00
T4 = <i>P. lilacinus</i> , <i>M. anisopliae</i> , <i>B. bassiana</i> + BC al 1 %	5.94	0,03	0,03	6,00
T5 = <i>Azospirillum brasilense</i> , <i>Azotobacter choococum</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> y <i>Saccharomyces cerevisiae</i> + BC 0.5 %	5.97	0,015	0,015	6,00
T6 = <i>A. brasilense</i> , <i>A. choococum</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>S. cerevisiae</i> + BC 1 %	5.94	0,03	0,03	6,00
T7 = Combinación de todos los microorganismos + BC 0.5 %	5.97	0,015	0,015	6,00
T8 = Combinación de todos los microorganismos + BC 1 %	5.94	0,03	0,03	6,00

4.3 DETERMINACIÓN LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTOS

4.3.1 PH

Cuadro 4.3. Valores del pH en los monitoreos

M (Factor A)	BO + CA (Factor B)	8 días	15 días	21 días	28 días
1	1	7,53 ± 0,18	7,29 ± 0,08	7,53 ± 0,15	7,83 ± 0,13
1	2	7,69 ± 0,1	7,39 ± 0,15	7,52 ± 0,29	7,86 ± 0,12
2	1	7,66 ± 0,42	7,47 ± 0,15	7,60 ± 0,09	8,01 ± 0,09
2	2	7,86 ± 0,06	7,69 ± 0,08	7,74 ± 0,18	7,82 ± 0,19
3	1	7,53 ± 0,13	7,68 ± 0,11	7,67 ± 0,04	7,79 ± 0,06
3	2	7,7 ± 0,31	7,90 ± 0,08	7,78 ± 0,11	7,89 ± 0,20
4	1	7,75 ± 0,09	7,69 ± 0,09	7,42 ± 0,38	7,80 ± 0,12
4	2	7,68 ± 0,36	7,47 ± 0,39	7,31 ± 0,06	7,91 ± 0,21

**Gráfico 4.1.** Comportamiento del pH en los monitoreos

Cuadro 4.4 Análisis estadístico de las variables – Potencial de hidrógeno

Tratamientos	pH			
	7 días	14 días	21 días	28 días
T1 = <i>T. harzianum</i> + BC al 0.5 %	7,53 a	7,31 a	7,53 ab	7,82 a
T3 = <i>P. lilacinus</i> , <i>M. anisopliae</i> , <i>B. bassiana</i> + BC al 0.5 %	7,66 a	7,47 ab	7,60 ab	8,01 a
T2 = <i>T. harzianum</i> + BC al 1 %	7,69 a	7,38 a	7,52 ab	7,90 a
T4 = <i>P. lilacinus</i> , <i>M. anisopliae</i> , <i>B. bassiana</i> + BC al 1 %	7,86 a	7,69 cd	7,74 ab	7,80 a
T6 = <i>A. brasilense</i> , <i>A. choococum</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>S. cerevisiae</i> + BC 1 %	7,70 a	7,90 d	7,76 b	7,90 a
T8 = Combinación de todos los microorganismos + BC 1 %	7,68 a	7,67 bc	7,31 a	7,86 a
T5 = <i>A. brasilense</i> , <i>A. choococum</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>S. cerevisiae</i> + BC 0.5 %	7,53 a	7,67 bc	7,67 ab	7,73 a
T7 = Combinación de todos los microorganismos + BC 0.5 %	7,75 a	7,67 bc	7,38 ab	7,83 a
CV	3,17	1,41	2,88	1,93

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

El pH en los procesos de tratamiento es muy importante pues en procesos biológicos este valor debe estar en un rango de 6 a 8 para garantizar el crecimiento de los microorganismos (Cando, 2011), pero los hongos generalmente toleran pH ácidos (Hendriz, 1990).

La disminución significativa en el inicio del proceso (Ver Gráfico 4.1) se dió a la aplicación de bovinaza, que tuvo un pH de entre 6 y 8, afectando la alcalinidad de las unidades experimentales (Sánchez, 2008).

Luego, la acción de los consorcios aumentó paulatinamente el pH, debido a los cambios constantes en la composición química del sustrato (Sundberg, 2005).

Durante los días 7 y 14 el tratamiento de mejor promedio (Ver Cuadro 4.3) fue el T1 (*T. harzianum* + BC al 0.5 %) con 7,53 y 7,31 respectivamente. Y los tratamientos de menor valor fueron el T4 (*P. lilacinus*, *M. anisopliae*, *B. bassiana* + BC al 1 %) con un promedio de 7,86 y T6 (*A. brasilense*, *A. choococum*, *L. acidophilus* y *S. cerevisiae* + BC 1 %) con 7,90.

A los 21 días el T1 (*T. harzianum* + BC al 0.5 %), T3 (*P. lilacinus*, *M. anisopliae*, *B. bassiana* + BC al 0.5 %), T2 (*T. harzianum* + BC al 1 %), T4 (*P. lilacinus*, *M. anisopliae*, *B. bassiana* + BC al 1 %) aumentó el pH en relación a los días anteriores de aplicación, mientras que los T6 (*A. brasilense*, *A. choococum*, *L. acidophilus* y *S. cerevisiae* + BC 1 %) , T8 (Combinación de todos los microorganismos + BC 1 %) y T7 (Combinación de todos los microorganismos + BC 0.5 %) lo disminuyeron a valores comprendidos entre 7,76 - 7,31.

Por otro lado, a los 28 días el pH aumentó valores por debajo de 8,01. El tratamiento con mejor promedio fue el T5 (*A. brasilense*, *A. choococum*, *L. acidophilus* y *S. cerevisiae* + BC 0.5 %) con 7,73 y el tratamiento de menor eficiencia fue el T3 (*P. lilacinus*, *M. anisopliae*, *B. bassiana* + BC al 0.5 %) con un promedio de 8,01 ligeramente ácido. El desarrollo de *Trichoderma* se activó con la presencia de humedad, con óptimo de 60% de la capacidad de retención de humedad del suelo (Martínez *et al.*, 2013).

Según investigaciones al *Paecilomyces lilacinus* prefieren suelos con pH ácidos valores correspondidos entre 4,4 y 5,0. El pH de las especies de *Trichoderma harzianum* no son exigentes con relación al pH del sustrato. Pueden crecer en suelos con pH desde 5,5 a 8,5, aunque los valores óptimos se encuentran entre 5,5-6,5, es decir en un ambiente las muestras de suelo oscila entre 7,5 y 8,0, siendo suelos altamente alcalinos, siendo este pH óptimo para el crecimiento de bacterias, aumentando la competencia por la fuente de carbono, lo que afecta negativamente la riqueza y densidad de hongos (Samaniego & Madinaveitia, 2007).

Los suelo salinos tienen una fuerte concentración de sales solubles como cloruros, sulfatos o nitratos. Su pH oscila entre 7,9 y 8,6. Son pobres en materia orgánica y en vegetación. La aplicación de los biofertilizantes (TrichoD, Micosplag y Bacthon) disminuyó el pH del suelo a valores por debajo de 8, permitiendo la disponibilidad de los nutrientes para el crecimiento de vegetación (Seoáñez, 1999).

4.3.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Cuadro 4.5. Valores de la conductividad eléctrica en los monitoreos

ME (Factor A)	BO + CA (Factor B)	8 días	15 días	21 días	28 días
1	1	44,40 ± 2,24	47,04 ± 15,33	34,24 ± 4,77	19,36 ± 3,97
1	2	50,20 ± 4,71	45,60 ± 9,35	35,64 ± 5,34	18,70 ± 6,85
2	1	51,18 ± 0,62	47,76 ± 14,47	34,1 ± 7,58	19,90 ± 7,24
2	2	53,44 ± 2,61	41,6 ± 1,50	26,28 ± 5,57	24,04 ± 9,30
3	1	51,06 ± 5,10	39,80 ± 2,61	26,24 ± 4,75	28,54 ± 5,93
3	2	50,32 ± 4,86	39,56 ± 3,04	25,01 ± 3,85	28,54 ± 6,81
4	1	46,68 ± 3,31	42,25 ± 1,03	24,94 ± 9,46	32,82 ± 5,43

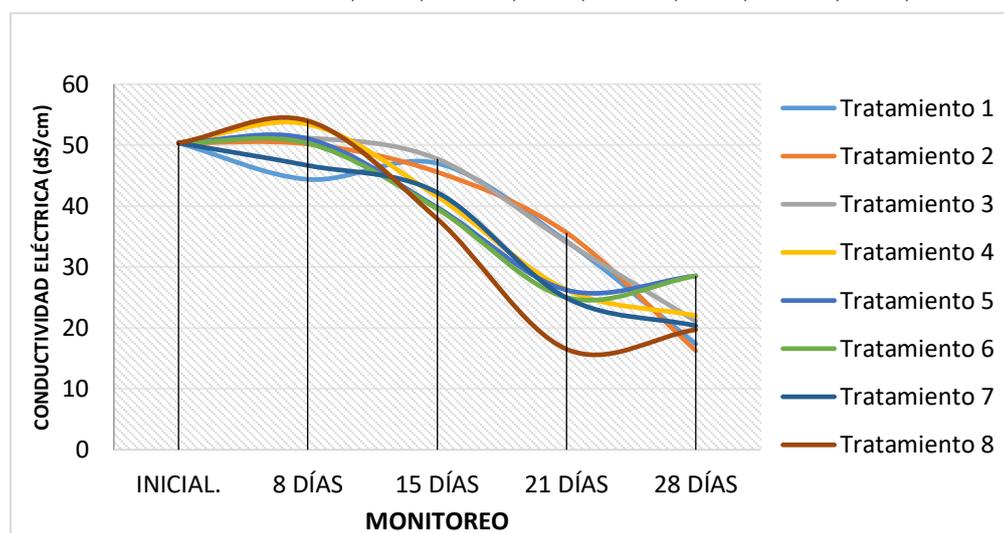


Gráfico 4.2. Comportamiento de la Conductividad eléctrica en los monitoreos

Cuadro 4.6 Análisis estadístico de las variables – Conductividad Eléctrica

Tratamientos	Conductividad (dS/m)			
	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. choococum</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. choococum</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 micorrizos, es decir donde actual los hongos, empiezan la disminución de sales rápidamente (Ver Gráfico

4.2) y los que utilizaron 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 menor 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 disminuyo 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.

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 limites 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), por lo que la salinidad se obtuvo a partir de la fórmula [2.1]. 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.

4.3.3 SALINIDAD

Cuadro 4.7. Valores de la salinidad en los monitoreos

ME (Factor A)	BO + CA (Factor B)	8 días	15 días	21 días	28 días
1	1	3,62 ± 0,88	3,03 ± 0,15	2,40 ± 0,35	1,25 ± 0,36
1	2	3,25 ± 0,80	3,43 ± 0,32	3,11 ± 1,09	1,27 ± 0,47
2	1	3,49 ± 1,66	3,49 ± 0,04	3,16 ± 0,79	1,35 ± 0,49
2	2	3,57 ± 0,64	3,65 ± 0,18	4,11 ± 0,78	1,63 ± 0,64
3	1	2,96 ± 0,31	3,48 ± 0,35	4,48 ± 0,37	1,94 ± 0,41
3	2	3,43 ± 0,56	3,43 ± 0,33	4,43 ± 1,36	1,94 ± 0,47
4	1	3,24 ± 1,52	3,18 ± 0,23	4,37 ± 1,04	2,23 ± 0,37
4	2	3,61 ± 1,49	3,69 ± 0,13	5,43 ± 1,48	1,90 ± 0,55

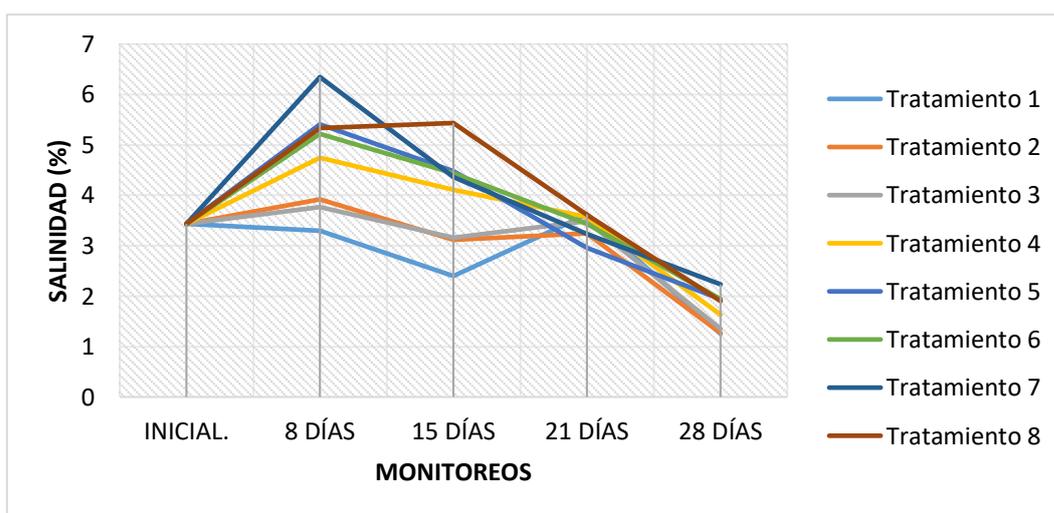


Gráfico 4.3. Comportamiento de la salinidad en los monitoreos

Cuadro 4.8 Análisis estadístico de las variables – Salinidad (%)

Tratamientos	Salinidad (%)			
	7 días	14 días	21 días	28 días
T1 = <i>T. harzianum</i> + BC al 0.5 %	3,30 a	2,4 a	3,62 a	1,25 a
T3 = <i>P. lilacinus</i> , <i>M. anisopliae</i> , <i>B. bassiana</i> + BC al 0.5 %	3,77 ab	3,16 ab	3,49 a	1,35 ab
T2 = <i>T. harzianum</i> + BC al 1 %	3,92 abc	3,11 ab	3,25 a	1,27 ab
T4 = <i>P. lilacinus</i> , <i>M. anisopliae</i> , <i>B. bassiana</i> + BC al 1 %	4,75 abc	4,11 abc	3,57 a	1,63 ab
T6 = <i>A. brasilense</i> , <i>A. choococcum</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>S. cerevisiae</i> + BC 1 %	5,22 bcd	4,43 bc	3,43 a	1,94 ab
T8 = Combinación de todos los microorganismos + BC 1 %	5,33 bcd	5,43 c	3,61 a	1,90 ab
T5 = <i>A. brasilense</i> , <i>A. choococcum</i> , <i>L. acidophilus</i> y <i>S. cerevisiae</i> + BC 0.5 %	5,41 cd	4,48 bc	2,96 a	1,94 ab
T7 = Combinación de todos los microorganismos + BC 0.5 %	6,35 d	4,37 abc	3,24 a	2,23 b
C.V.	16,12	25,08	32,09	28,16

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

El gráfico 4.3 demuestra que a los 28 días de tratamientos la salinidad del suelo descendió drásticamente a valores por debajo de 2,23%. A los 15 días de la aplicación de los tratamientos la salinidad disminuyó en relación a los 7 primeros días.

Todos los tratamientos aplicados actuaron eficientemente en la recuperación de suelos salinos, sin embargo, a los 15 días el T1 (*T. harzianum* + BC al 0.5 %) fue el tratamiento de mayor reducción de salinidad en las muestras de suelo, mientras que el tratamiento con menor eficiencia fue el T8 (Combinación de todos los microorganismos + BC 0.5 %) a los 7 días y el T8 (Combinación de todos los microorganismos + BC 1 %) a los 14 días.

A los 21 días de la aplicación de los tratamientos se obtuvieron mejores resultados (Ver Cuadro 4.5), el tratamiento T5 (*A. brasilense*, *A. choococcum*, *L. acidophilus* y *S. cerevisiae* + BC 0.5 %) y los peores con el T1 (*T. harzianum* + BC al 0.5 %).

A los 28 días los tratamientos con mejor promedio son el T1 (*Trichoderma harzianum* + BC al 0.5 %) y el T2 (*T. harzianum* + BC al 1 %). El tratamiento de menor eficiencia fue el T7 (Combinación de todos los microorganismos + BC 0.5 %) con un promedio de 2,23%.

La salinidad de los suelos causa graves problemas a la agricultura, es posible determinarla a través de la medición de los iones en las aguas de riego, pues cuando se realiza la irrigación de los cultivos, el agua satura el suelo y en ese instante existe un equilibrio químico entre estas dos matrices (Carrera *et al.*, 2015).

La salinidad es una condición de algunos suelos que limitan la producción agrícola ya que provocan que se vuelvan infértiles e improductivos, causando un problema de amplia afectación para la agricultura mundial, principalmente en las regiones áridas y semiáridas (Liang, 2005).

4.4 EFICIENCIA

En base al primer y último análisis de salinidad y conductividad eléctrica, se realizó el cálculo de la eficiencia de la reducción de sales en el suelo (Cuadro 4.6).

Cuadro 4.9 Eficiencia de los tratamientos

ME (Factor A)	BO + CA (Factor B)	Eficiencia CE (%)	Eficiencia Salinidad (%)
1	1	61,56 ± 7,89	63,54 ± 10,35
1	2	62,87 ± 13,6	63,06 ± 13,6
2	1	60,49 ± 14,37	60,68 ± 14,37
2	2	52,27 ± 18,47	52,45 ± 18,51
3	1	43,34 ± 11,76	43,5 ± 11,79
3	2	43,34 ± 13,53	43,5 ± 13,56
4	1	34,84 ± 10,79	34,99 ± 10,81
4	2	44,49 ± 15,95	44,65 ± 15,98

Elaboración: Autores de la Investigación

En el cuadro 4.6 se puede observar que los tratamientos más eficientes en la recuperación de suelos salinos fue el T2 (*T. harzianum* + BC al 1 %) con un porcentaje de eficiencia de 62,87 ± 13,6 en conductividad eléctrica y el T1 (*T. harzianum* + BC al 0,5 %) con 63,54 ± 10,35 en salinidad. Una vez comprobados los supuestos del ANOVA (normalidad de los datos mediante Sharpito-Wilks y la igualdad de varianzas mediante la prueba F), se realizó el ANOVA (Cuadro 4.7 y 4.8) y la prueba de comparaciones múltiples de Duncan (Cuadro 4.9 y Cuadro 4.10).

Cuadro 4.8. ANOVA de la Conductividad eléctrica

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3811,5	7	544,5	2,93	0,0173
ME (Factor A)	3405,58	3	1135,19	6,11	0,0021
BO + CA (Factor B)	4,69	1	4,69	0,03	0,8748
A X B	401,23	3	133,74	0,72	0,5476
Error	5946,1	32	185,82		
Total	9757,6	39			

Elaboración: Autores de la Investigación

De acuerdo al análisis de varianza realizado, en general, existen diferencias significativas entre la efectividad de disminución de conductividad eléctrica en los diferentes tratamientos y además entre el factor A (Microorganismos). Las proporciones de cascarilla de arroz + bovinaza a al contrario, no presentaron

diferencias significativas. El análisis presenta un coeficiente variación de 27,05 %, considerado como alto.

Cuadro 4.9. ANOVA de la salinidad

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4035,74	7	576,53	3	0,0154
ME (Factor A)	3632,22	3	1210,74	6,3	0,0017
BO + CA (Factor B)	0,57	1	0,57	3,00E-03	0,9568
A X B..	402,95	3	134,32	0,7	0,5594
Error	6145,6	32	192,05		
Total	10181,34	39			

Elaboración: Autores de la Investigación

Así mismo, existieron diferencias significativas entre la efectividad de disminución de salinidad entre tratamientos y el factor A (Microorganismos), el factor B (cascarilla de arroz + barro), opuestamente, no las presentaron. El análisis presenta un coeficiente de variación de 27,28, considerado alto.

Cuadro 4.10. Prueba de comparaciones de Duncan con 5% de significancia para los niveles del factor A (ME)

ME (Factor A)	Eficiencia CE (%)	Eficiencia Salinidad (%)
4	39,82 A	39,67 A
3	43,50 A	43,34 A
2	56,56 B	56,38 B
1	63,3 B	62,22 B

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

La prueba de comparaciones múltiples de Duncan con el 5 % de significancia, constató que el microorganismo que presentó mayor eficiencia en reducción tanto de salinidad como de conductividad fue *Thichoderma harzianum* (THICHODE) con un promedio de eficiencia porcentual de 63,3 % (Conductividad Eléctrica) y 62,22 % (Salinidad). Lo cual concuerda con varios reportes de recuperación de suelos, los cuales mencionan que los hongos micorrízicos auxilian a las plantas a establecerse y crecer en condiciones de estrés, como suelos salinos, contaminados con metales pesados, plaguicidas e hidrocarburos y también las protegen contra enfermedades de la raíz (González, 2000).

La combinación de microorganismos, a pesar de poseer mayor acción microbiana, fue el que presento menor eficiencia (39,82 % de conductividad y

39,67% de salinidad), debido tal vez, a la competencia por la fuente de carbono (Samaniego y Madinaveitia, 2007)

Cuadro 4.11. Prueba de comparaciones de Duncan con 5% de significancia para los tratamientos

ME (Factor A)	BO + CA (Factor B)	Eficiencia CE (%)	Eficiencia Salinidad (%)
1	1	61,56 B	63,54 B
1	2	62,87 B	63,06 B
2	1	60,49 B	60,68 B
2	2	52,27 AB	52,45 AB
3	1	43,34 AB	43,5 AB
3	2	43,34 AB	43,5 AB
4	1	34,84 A	34,99 A
4	2	44,49 AB	44,65 AB

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

Los tratamientos con los que se obtuvieron mejores resultados fueron el T1 (*T. harzianum* + BC al 0,5 %) con 63,54 % en reducción de salinidad y el T2 (*Trichoderma harzianum* + BC al 1 %), con 63,06 % en reducción de conductividad eléctrica. Por otro lado, en tratamiento con menor efectividad fue el T7 (Combinación de todos los microorganismos + BC 0.5 %) con 34,84 % de eficiencia en conductividad y 34,99 % de salinidad.

4.4.1 PRECIOS

Cuadro 4.12 Precios de la aplicación de tratamientos

Tratamiento	Descripción	Subtotal (USD/ha)	Total (USD/ha)
Tratamientos 1, 3, 5	Aplicación de microorganismos (42,00\$ \times 3)	\$ 126,00	
	Cascarilla de arroz (8m ³ /ha)	\$ 100,00	
	Bovinaza (5000 Kg)	\$ 100,00	\$ 446,00
	Transporte cascarilla	\$ 60,00	
	Transporte bovinaza	\$ 60,00	
Tratamientos 2, 4, 6	Aplicación de microorganismos (42,00\$ \times 3)	\$ 126,00	
	Cascarilla de arroz (16m ³ /ha)	\$ 200,00	
	Bovinaza (10000 Kg)	\$ 200,00	\$ 766,00
	Transporte cascarilla	\$ 120,00	
	Transporte bovinaza	\$ 120,00	
Tratamiento 7	Aplicación de microorganismos (126,00\$ \times 3)	\$ 378,00	
	Cascarilla de arroz (8m ³ /ha)	\$ 100,00	
	Bovinaza (5000 Kg)	\$ 100,00	\$ 698,00
	Transporte cascarilla	\$ 60,00	
	Transporte bovinaza	\$ 60,00	
Tratamiento 8	Aplicación de microorganismos (126,00\$ \times 3)	\$ 378,00	
	Cascarilla de arroz (16m ³ /ha)	\$ 200,00	
	Bovinaza (10000 Kg)	\$ 200,00	\$ 1.018,00
	Transporte cascarilla	\$ 120,00	
	Transporte bovinaza	\$ 120,00	

Para la asignación de precios se estableció la cantidad de bovinaza + cascarilla de arroz se realizó una regla de tres a partir de las porciones necesarias para los tratamientos aplicados.

Cálculo de cascarilla de arroz 0,05%

$$\begin{array}{rcl} 30 \text{ g cascarilla} & \rightarrow & 6 \text{ Kg suelo} \\ x & \rightarrow & 2540000 \text{ Kg} \\ \hline 25400000 \text{ g} & \rightarrow & 25400 \text{ Kg} \end{array}$$

Cálculo de cascarilla de arroz 0,1%

$$\begin{array}{rcl} 60 \text{ g cascarilla} & \rightarrow & 6 \text{ Kg suelo} \\ x & \rightarrow & 2540000 \text{ Kg} \\ \hline 25400000 \text{ g} & \rightarrow & 25400 \text{ Kg} \end{array}$$

Según la investigación realizada por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV, 2001) la cascarilla de arroz posee una densidad de 1,57 g/cm³ por lo que se necesitarían aproximadamente 8,08 m³ de este material y la misma proporción de bovinaza para el 0,05 % y el doble para la concentración al 0,1 % (cuadro 4.5). Debido a que los tratamientos 1 y 2 son considerados precio “medio - bajo” para la aplicación y considerando que son los de mayor eficiencia, se consideran como recomendables para realizar su aplicación en la zona de estudio.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Entre las principales causas de la salinidad del suelo encontradas en el sitio Correagua está la utilización de aguas salinas provenientes del drenaje subterráneo para el riego de los cultivos, lo que ocasiona 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.
- De acuerdo al análisis estadístico realizado se constató que los tratamientos con mayor eficiencia son el T1 (*Thichoderma harzianum* y 0,5 % bovinaza/cascarilla de arroz) con un porcentaje de eficiencia de 79,7 % y T2 (*Thichoderma harzianum* y 1 % bovinaza/cascarilla de arroz), con un 80,6 % de efectividad y los procedimientos que obtuvieron mayor acción fueron en los que se aplicaron las dosis de *Thichoderma 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 salinidad.

- Se niega la hipótesis planteada, debido a que si existen diferencias significativas entre los tratamientos (*in vitro*) de cocteles microbianos y bovinaza con cascarilla de arroz, aplicadas a las muestras de suelos salinos.

5.2 RECOMENDACIONES

- Incrementar el uso de cocteles microbianos para la recuperación de suelos salinos en Ecuador, para disminuir los problemas de producción agrícola para determinados sectores.
- Evitar la reutilización de aguas subterráneas para el riego de los cultivos, el cual aporta grandes concentraciones de sales al suelo, convirtiéndolo en infértiles a largo plazo o de ser posible un sistema de ablandamiento para la retención de sales.
- Sugerir la aplicación de *Thichoderma harzianum* y 0,5 % bovinaza/cascarilla de arroz por su eficacia y bajo costo económico de aplicación en campo, además se recomienda aumentar el tiempo de biorremediación de suelos salinos para obtener mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Y., Paolini, J., Flores, S., Benzo, Z., Zauahre, M., Toyo, L. y Senior, A. 2003. Evaluación de metales pesados en tres residuos orgánicos de diferente naturaleza. *Revista Multiciencias*, 3 (1): 12 - 16.
- Aguilar, S., Pérez, J., Ferrera, R., Grimaldo, O., Cervantes, L. y González, D. 2009. Hongos ectomicorrícicos y la tolerancia a la salinidad en plantas. *Revista Chilena de historia natural*, 82 (1): 163 - 168.
- Aguirre, A. y Tijerina, J. 2014. Redacción de Documentos Científicos Basados en el Estilo APA. México: Universidad Politécnica de Chihuahua.
- Álvarez, J., Rodríguez, S. y Chacón, E. 2007. Efecto de diferentes tamaños de esqueje y sustratos en la propagación del romero (*Rosmarinus officinalis* L.). *Revista Agronomía Colombiana*, 25 (2): 224 - 230.
- Ariza, F. 2012. Salinidad y Vegetación. *Revista Geobotánica*. (12): 1-2.
- Atkinson, F., Jones, D. y Gauthier, J. 1999. Biodegradabilities and Microbial Activities during composting of Municipal solid waste in Bench-Scale reactors. *Revista Compost Science & Utilization*, 4 (4): 14 - 23.
- Auquilla, P. y Auquilla, D. 2012. Análisis de la capacidad degradativa de residuos lignocelulósicos utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* var. Florida. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Bautista, A., Barrera, J., Payró, E., Salgado, S., Gómez, J. y Gomez, L. 2012. Genetic characterisation of *metarhizium anisopliae* (metchnikoff) sorokin isolates from sugarcane fields and their pathogenicity against *Aeneolamia postica* (Walker) (Hemiptera: Cercopidae). *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 28 (3): 217 - 229.
- Binet, P., Portal, J. y Leyval., C. 2000. Fate of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in the rhizosphere and mycorrhizosphere of regrass. *Revista Plant Soil*, 227: 207 - 213.
- Bollag, J., Mertz, T. y Otjen, L. 1994. Chapter 1: Role of microorganisms in soil bioremediation. *Revista American Chemical Society*, 5 (2): 2 - 10.
- Caballero, R., Bustos, A. y Román, R. 2001. Soil salinity under traditional and improved irrigation schedules in central Spain. *Revista Soil Science*, 65: 1210 - 1218.
- Cando, M. 2011. Determinación y análisis de un proceso de biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos. Sede Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

- Carrera, D., Crisanto, T., Ortega, H., Ramírez, J., Espinosa, D., Ramírez, C., Sánchez, M. 2015. Salinidad cuantitativa y cualitativa del sistema hidrográfico Santa María-Río Verde, México. *Revista Tecnología y Ciencias del Agua*, 6 (2): 69 - 83.
- Casierra, F., Arias, J. y Pachón, C., 2013. Efecto de la Salinidad por NaCl en Híbridos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). *Revista Orinoquia*, 17 (1): 23 - 29.
- Castellanos, J., Uvalle, J. y Aguilar, A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelo y agua (Segunda ed.). México: Celaya.
- 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.
- Chittleborough, P., Smith, P. y Smith, J. 2011. Salinity effects on carbon mineralization in soils of varying texture. *Revista Soil Biology*, 43 (9): 1908 - 1916.
- Comese, R., González, M. y Conti, M. 2009. Cambios en las propiedades de suelo de huerta y rendimiento de Beta Vulgaris var. Cicla (I) por el uso de enmiendas orgánicas. *Revista Ciencia del suelo*, 27 (2): 2 - 16.
- CSR Servicios. 2006. Recuperado el 27 de octubre de 2015, de Laboratorio de Análisis Agrícolas.: www.csr servicios.es
- De la Rosa, D. 2008. Evaluación agroecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible. Madrid: Mundi Prensa-Madrid.
- Del Pino, A., Repetto, C., Mori, C. y Perdomo, C. 2008. Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. *Revista Terra Latinoamericana*, 26 (1): 43 - 52.
- Escobar, O., Osorio, J., Guependo, R. y Peña, J. 2011. Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos Degradados por Salinidad. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64 (1): 5769 - 5779.
- ESPAC. 2011. En Ecuador se produce más carne de cerdo. Ecuador.
- Eweis, J., Ergas, S., Chang, D. y Schroeder, E. 1999. Principios de biorrecuperación . En Evaluación de dos sustratos en la técnica de Landfarming para el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- 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. y 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 acumulacion de sales . VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo . Palmira - Colombia.
- García, A. 2005. *Edafología. Ciencias Ambientales*. Extremadura: Universidad de Extremadura.
- García, J., Mendoza, A. y Mayek, N. 2012. Efecto de *Azospirillum brasilense* en el rendimiento del maíz en el norte de Tamaulipas, México. *Revista Universidad y Ciencia*, 28 (1): 79 - 84.
- Garland, J. 1996. Patterns of potential C source utilization by rhizosphere communities. *Revista Soil Biology and Biochemisty*, 28 (2): 223 - 230.
- Garrido, M. 1993. Interpretación de análisis de suelo. Hojas divulgadoras de Ministerio de Agricultura pesca y aimentación (5).
- GAT fertilíquidos. 2014. *Salinidad en cultivos agrícolas*. España: Garfertilíquidos.
- Gil, S. 2006. Engorde intensivo, elementos que intervienen y posibles impactos en el medio ambiente. Universidad Nacional de Río Cuarto, 4 - 7.
- González, M. 2000. Biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. *Revista Universidad Nacional Autónoma de México*, 2 (13): 714 - 731.
- González, L. M., Ramírez, R. y Aguilera., R. 2002. Los suelos salinizados y su utilización en la producción agrícola. *Revista Alimentaria*, 339:103 - 108.
- González, M. 2005. Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos rizosféricos. *Revista Terra Latinoamericana*, 25 (3): 29 - 37.
- 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.
- Goykovic, C. y 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.
- Gutiérrez, M., Reyes, J. y Figueroa, B. 1999. Desarrollo estructural en un entisol bajo el sistema de labranza de conservacion y tradicional. *Tierra*, 17 (2): 87 - 96.

- Hasegawa, P., Bressan, R., J., Z. y Bohnert, H. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Revista Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51: 463 - 499.
- Hernández, L., Nápoles, M., Pérez, G., Rosales, P., Baños, R. y Ramirez, J. 2012. Caracterización fenotípica de aislados de rizobios procedentes de la leguminosa forrajera *Canavalia ensiformis*. *Revista Cultivos Tropicales*, 33 (4): 21 - 28.
- Hernández, R. 2003. *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.
- Hernández, A., Gascó, G., Mármol, L., Bárcenas, J. y Polo, V. 2013. Biorrecuperación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos. II. Lavado de sales. *Revista de la facultad Agronómica (LUZ)*, 481-503.
- 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.
- Herrera, J., Pujol, R., Alarcón, R. y Espinosa, E. 2009. Calidad de las aguas de drenaje de procedentes de campos arroceros sobre suelos salinos en la Cuenca del Cauto. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18 (3): 14 - 18.
- Hoffman, G. y Shanno, M. 2007. *Salinity*. Elsevier.
- Jaramillo, D. 2002. *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Jobbágy, E., Noretto, M., Santoni, C. y Baldi, G. 2008. El desafío ecohidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. *Revista Ecología Austral*, 18 (3): 3 - 9.
- Keren, R. 2000. *Salinity*. CRS Press.
- Lebron, I., Suarez, D. y Alberto, F. 1994. Stability of a calcareous saline-sodic soil during reclamation. *Revista Soil Science Society of America Journal*, 58: 1753 - 1762.
- Levy, G., Goldstein, D. y Mamedov, A. 2005. Saturated Hydraulic Conductivity of Semiarid Soils: Combined Effects of Salinity, Sodicty and Rate of Wetting. *Revista Soil Science Society of America Journal*, 69: 653 - 662.
- 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, F., Guío, N., Fischer, G. y Lasprilla, D. 2008. Propagación de uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante diferentes tipos de esquejes y sustratos. *Revista Facultad Nacional Agronomica Medellín*, 61(1): 4347-4357.

- 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*, 4 (5): 84 - 85.
- López, T., Dominguez, L. y García, J. 2007. Arreglo estructural de un consorcio microbiano de interés alimentario en la producción del vinagre. *Revista Scielo Colombia*, 6: 12 - 16.
- Loredo, O., López, L. y Espinoza, V. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *Revista Terra Latinoamericana*, 22 (2): 225 - 239.
- MAGAP y SIGAGRO. 2002. Mapa de Suelos (Textura) de la Sierra, Escala 1:50000.
- Maldonado, E., Rivera, M., Izquierdo, F. y 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. 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.
- Martínez, B., Infante, D. y Reyes, Y. 2013. *Trichoderma spp.* y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, 28(1): 11 - 19.
- Mata, I.; Rodríguez, M., López, J. y Vela, G. 2014. Dinámica de la salinidad en los suelos. *Revista Digital E-BIOS*, 1 (5): 26 - 35.
- Mesa, D. 2003. Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37 (3): 217 - 226.
- Ministerio de Ambiente. 2014. *Guía para el muestreo de suelos. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo*.
- Montañés, L. 1970. *Normas para toma de muestras de suelo*. España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Navarro, G. y. 2002. *Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. España: Mundiprensa.
- Nico, I., Monaco, C. y Rollán, M. 1999. Producción y protección de vegetales. *Revista Investigación agraria*, 14 (1): 33 - 48.
- Núñez, J. 2000. *Fundamentos de Edafología*. San Jose: EULAC.

- Owojoro, O., Reinecke, A. y Rozanov, A. 2008. The combined stress effects of salinity and copper on the earthworm *Eisenia fetida*. *Revista Elsevier*, 41 (3): 277 - 285.
- Ortega, S. y Orellana, G. 2007. El riego con aguas de mala calidad en la agricultura urbana. Aspectos a considerar. I. Aguas salinas o alcalinas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16 (1): 41 - 44.
- Otero, L., Gálvez, V., Navarro, N., Díaz, G., Rivero, L. y 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.
- Papavizas, G., Lewis, J., y Abd, T. 1982. Evaluation of new biotypes of *Trichoderma harzianum* for tolerance to Benomyl and enhanced biocontrol capabilities. *Revista Phytopathology*, 72: 126 - 132.
- Patel, J. 2001. Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof- an empirical study. *Revista Current Science*, 81 (9): 17 - 26.
- Peoples, M. y Craswell, E. 1992. Biological nitrogen fixation; investments expectations and actual contributions to agriculture. *Revista Plant and Soil*, 141: 13 - 39.
- Pérez, C., Ricardo, C., Vertel, A. y Melba, M. 2010. Caracterización nutricional, físicoquímica y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistemas de pasturas en la subregión Sabanas del departamento de Sucre, Colombia. *Revista Tumbaga*, 5: 27 - 37.
- Pérez, E. 2013. Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *Revista de las Sedes Regionales*, 14 (29): 6 - 18.
- Piedra, A. y Cepero, M. 2013. Cultivos Tropicales. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Revista Scielo*, 34 (4): 11 - 18.
- Pimentel, F. 1985. *Curso de estadística experimental*. São Paulo, Brasil: Livraria Nobel S.A.
- Pino, A., Repetto, C. y Perdomo, C. 2008. Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. *Revista Terra Latinoamericana*, 26 (1): 43 - 52.
- Prieto, D. 2008. *Riego con aguas salinas y aguas de drenaje, control de impacto de salinidad*. Argentina: CYTED.
- PROGRESAM. 2005. Consejo Provincial de Manabí, Dirección de Gestión Ambiental. Obtenido de Consejo Provincial de Manabí, Dirección de Gestión Ambiental.

- Ramírez, D., Serrano, J. y Sandoval, H. 2006. Microorganismos extremófilos. Actinomicetos halófilos en México. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37 (3): 56 - 71.
- Ramos, R., Cajuste, L., Flores, D. y García, N. 2001. Metales pesados, sales y sodio en los suelos de Chinampa en México. *Revista Agrociencia*, 35 (4): 385 - 395.
- Rodríguez, G. 2007. Efecto de la cobertura del suelo con cascarilla de arroz en el crecimiento y rendimiento del tomate de ramillete. *Revista de Ciencia Investigación Agronómica*, 34 (3): 225 - 230.
- Romero, O., Huerta, M., Damián, M., Domínguez, F. y Arellano, D. 2009. Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 11 (2): 143 - 151.
- Ruíz, J. 2010. Eficiencia relativa y calidad de los experimentos de fertilización en el cultivo de caña de azúcar. *Revista Terra Latinoamericana*, 28: 8 - 12.
- García, J., Mendoza, A. y Mayek, N. 2012. Efecto de *Azospirillum brasilense* en el rendimiento del maíz en el norte de Tamaulipas, México. *Revista Universidad y Ciencia*, 28 (1): 79 - 84.
- 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.
- Martínez, B., Infante, D. y Reyes, Y. 2013. *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, 28 (1): 11 - 19.
- Nico, I., Monaco, C. y Rollán, M. 1999. Producción y protección de vegetales. *Revista Investigación agraria*. 14 (1): 33 - 48.
- Peoples, M. y Craswell, E. 1992. Biological nitrogen fixation; investments expectations and actual contributions to agriculture. *Revista Plant and Soil*, 141: 13 - 39.
- Pérez, E. 2013. Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *Revista de las Sedes Regionales*. 14 (29): 6 - 18.
- Romero, O., Huerta, M., Damián, M., Domínguez, F. y Arellano, D. 2009. Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 11 (2): 143 - 151.
- Samaniego, A. y Madinaveitia, Y. 2007. Diversidad de géneros de hongos del suelo en tres campos con diferente condición agrícola en La Laguna, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 78: 383 - 390.

- Samper, J. 2000. La contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. Madrid: Ediciones del Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Sánchez, L. y Arguello, H. 2006. Capacidad de bacterias halófilas para capturar sodio in Vitro y su posible aplicación en bioremediación en suelos salinos-sódicos. Revista NOVA. 2 (5): 1 - 114.
- Sandoval, L. 1997. Evaluación de la eficacia de tres productos comerciales del hongo *Beauveria bassiana* y "thiodan" para el control de la broca del café. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.
- Sanzano, A. 2010. Química del Suelo - El Fósforo. Argentina: Cátedra de Edafología. FAZ. UNT.
- 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.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. 2013. Plan Nacional del Buen Vivir. Quito.
- Seoánez, M. 1999. Contaminación del suelo: estudios, tratamiento y gestión. México: Mundi-Prensa.
- Serrato, R., Ortíz, A., Arellano, J. y Salvador, P. 2002. Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos. Revista TERRA, 1 - 16.
- TULAS. 2003. Remediación de suelos. Ecuador: Ministerio del Ambiente de la República del Ecuador.
- United States Department Of Agriculture. 1996. Soil survey laboratory methods manual. En Soil Survey Investigations Report N 42. Washington DC, USA, 3: 693.
- UPV. 2001. Inventario de residuos y subproductos orgánicos generados en la Comunidad Valenciana, adecuados para ser utilizados como enmiendas del suelo y/o sustratos de cultivo en una Agricultura Sostenible. Universidad Politécnica de Valencia.
- Vásquez, E. 2011. Inconsistencia de coeficiente de variación para expresar la variabilidad de un experimento en un modelo de análisis de varianza. Revista Cultivos Tropicales. 32 (3): 2 - 13.
- Zhang, C., Druzhinina, I., Kubick, C., y Xu, T. 2005. Trichoderma biodiversity in China. Revista Journal of Applied Genetics. 53: 343 - 354.
- Zuñiga, E., Osorio, J., Cuerdo, R. y 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. Análisis iniciales de salinidad del suelo

	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. Zambrano
 JEFE DEPARTAMENTO

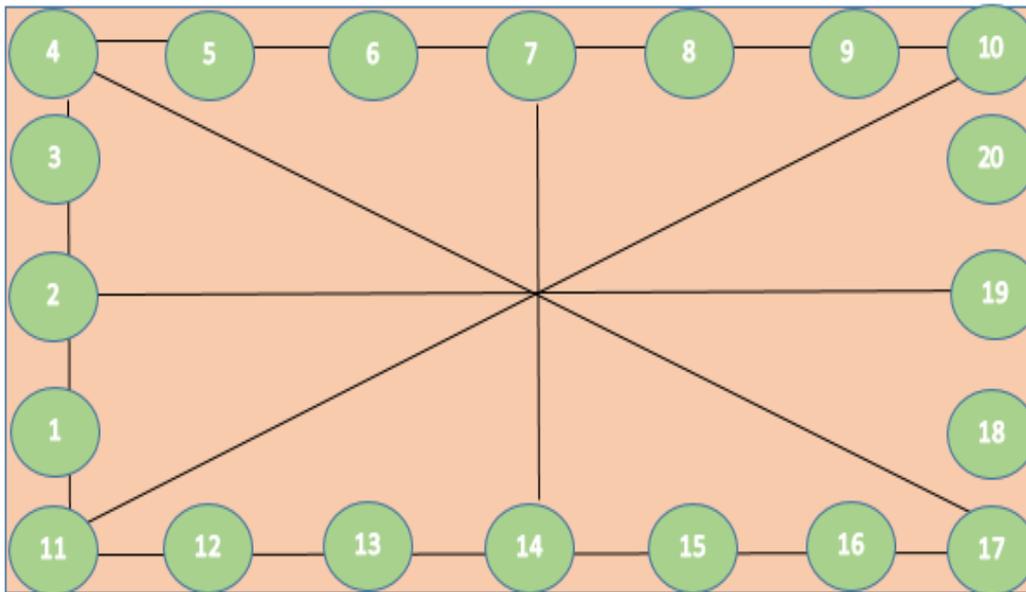



 RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 2. Cronología fotográfica del desarrollo de la tesis**Foto 2. Unidades experimentales**

Anexo 3. Coordenadas y puntos de muestreo de la investigación

Puntos	Longitudes (X)	Latitudes (Y)	Puntos	Longitudes (X)	Latitudes (Y)
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

Anexo 4. Orden de la toma de muestras de suelo en bandera inglesa

Anexo 5. Análisis finales del suelo del sitio Correagua con 0,5% de bovinaza y cascarilla de arroz

0,5% de bovinaza + cascarilla de arroz												
Tratamientos	pH				Conductividad eléctrica (dS/m)				Salinidad (%)			
	7 días	14 días	21 días	28 días	7 días	14 días	21 días	28 días	7 días	14 días	21 días	28 días
T1	7,35	7,36	7,44	7,91	44,4	26,6	34,4	11,6	3,02	1,8	2,34	0,78
	7,55	7,27	7,48	7,79	52,0	38,7	61,6	19,6	3,54	2,63	4,2	1,33
	7,40	7,28	7,76	7,96	53,2	37,8	49,5	17,3	3,63	2,57	3,37	1,17
	7,55	7,32	7,38	7,63	48,0	34,3	51,9	17,7	3,27	2,33	3,54	1,2
	7,81	7,33	7,6	7,82	44,4	38,8	67,8	26,1	3,02	2,64	4,63	1,77
T3	7,73	7,28	7,52	8,08	71,0	66,4	69,5	17,8	4,88	4,53	4,75	1,2
	8,00	7,4	7,63	8,09	58,0	38,2	54,4	11,2	3,5	2,6	3,71	0,75
	7,96	7,43	7,69	8,07	64,0	43,1	78,7	16	3,41	2,93	5,38	1,08
	7,63	7,58	7,49	7,93	42,0	39,7	24,4	25,5	3,5	2,7	1,65	1,73
	6,96	7,65	7,65	7,9	52,0	44	28,4	29	3,52	3	1,93	1,97
T5	7,39	7,56	7,63	7,73	74,8	61,2	42	24,7	5,11	4,18	2,86	1,67
	7,46	7,71	7,69	7,75	75,5	63,1	38	36,9	5,16	4,31	2,58	2,51
	7,49	7,66	7,66	7,82	105,5	72,5	50	32	7,22	4,95	3,41	2,17
	7,73	7,62	7,72	7,77	74,0	60,9	45,4	22,1	5,05	4,15	3,09	1,5
	7,56	7,81	7,65	7,6	65,5	70,4	41,3	27	4,47	4,81	2,81	1,83
T7	7,83	7,65	7,76	7,76	72,4	49,9	58	36,2	4,94	3,4	3,96	2,46
	7,82	7,64	7,68	8,01	116,5	62,5	21,2	33,5	7,98	4,26	1,44	2,28
	7,75	7,6	7,22	7,8	104,4	88,7	26	23,8	7,15	6,07	1,76	1,61
	7,75	7,66	6,65	7,75	75,6	64,8	63,6	32,8	5,16	4,42	4,34	2,23
	7,60	7,8	7,6	7,81	94,5	53,6	68,3	37,8	6,46	3,65	4,66	2,57

Anexo 6. Análisis finales del suelo del sitio Correagua con 1% de bovinaza y cascarilla de arroz

1 % de bovinaza + cascarilla de arroz												
Tratamientos	pH				Conductividad eléctrica (dS/m)				Salinidad (%)			
	7 días	14 días	21 días	28 días	7 días	14 días	21 días	28 días	7 días	14 días	21 días	28 días
T2	7,64	7,3	7,24	7,93	71,0	64,4	46,9	21,9	4,85	4,40	3,20	1,49
	7,56	7,27	7,52	7,81	58,0	40,6	61,3	13,3	3,96	2,77	4,19	0,90
	7,84	7,34	7,23	8,02	64,0	59,9	41,2	29,1	4,37	4,09	2,81	1,98
	7,71	7,66	7,87	7,85	42,0	27,3	32,2	12,8	2,86	1,86	2,19	0,87
	7,72	7,33	7,76	7,9	52,0	36	56,4	16,4	3,55	2,45	3,85	1,11
T4	7,88	7,68	7,61	7,75	57,5	44,9	56,2	19,5	3,93	3,06	3,84	1,32
	7,82	7,72	7,58	7,68	71,0	52	61	21,7	4,85	3,55	4,17	1,47
	7,91	7,73	7,97	7,64	72,2	64	42,9	20,5	4,94	4,37	2,92	1,39
	7,78	7,56	7,89	8,08	74,5	69	41,7	40,5	5,09	4,72	2,84	2,76
	7,93	7,75	7,65	7,83	72,0	71,2	60	18	4,92	4,87	4,10	1,22
T6	7,85	7,84	7,61	7,71	71,4	65,9	40,9	33,3	4,88	4,50	2,79	2,27
	7,24	7,98	7,87	7,94	65,5	95,6	48,2	34,4	4,48	6,55	3,29	2,34
	8,05	7,91	7,93	8,12	74,2	61,8	63	20,1	5,07	4,22	4,30	1,36
	7,54	7,98	7,73	8,03	95,0	40,3	47,3	22,2	6,50	2,75	3,23	1,51
	7,81	7,8	7,66	7,7	75,5	60,8	52	32,7	5,16	4,15	3,55	2,23
T8	7,78	7,6	7,36	7,68	75,6	106,6	27,7	30,4	5,17	7,30	1,88	2,07
	7,7	7,82	7,33	8,12	74,8	91,3	76,4	37,9	5,11	6,25	5,22	2,58
	7,07	7,58	7,24	8,15	82,0	57,8	74,8	32	5,61	3,95	5,11	2,18
	7,99	7,79	7,37	7,78	75,6	83,9	44,7	20,8	5,17	5,74	3,05	1,41
	7,85	7,55	7,26	7,57	82,0	57,6	40,7	18,7	5,61	3,93	2,77	1,27