



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

**CARRERA DE AGRÍCOLA**

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGRÍCOLA**

**MECANISMO: PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EFICACIA DE ENMIENDAS Y AMINOÁCIDOS SOBRE EL  
CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE SOYA (*Glycine max*) EN SUELO  
DE TENDENCIA SALINA**

**AUTORES:**

**CARMEN. Y. SACÓN TORRES  
MARÍA. G. VERA VIDAL**

**FACILITADOR:**

**ING. GALO CEDEÑO Mg, Sc.**

**CALCETA, JULIO 2022**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

**CARMEN YAMILETH SACÓN TORRES** con cédula de ciudadanía 131570030-0 y **MARÍA GUADALUPE VERA VIDAL** con cédula de ciudadanía 131280201-8 declaramos bajo juramento que el Trabajo de Titulación titulado: **EFICACIA DE ENMIENDAS Y AMINOÁCIDOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE SOYA (*Glycine max*) EN SUELO DE TENDENCIA SALINA** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado de calificación profesional, y que hemos consultados las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso comercial de la obra, con fines estrictamente académicos conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autores de la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



.....

**Carmen Yamileth Sacón Torres**

cc: 131570030-0



.....

**María Guadalupe Vera Vidal**

cc: 131280201-8

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

**CARMEN YAMILETH SACÓN TORRES**, con cédula de ciudadanía 1314337260 y 131570030-0 y **MARÍA GUADALUPE VERA VIDAL** con cédula de ciudadanía 131280201-8, autorizo a la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración curricular titulado: **EFICACIA DE ENMIENDAS Y AMINOÁCIDOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE SOYA (*Glycine max*) EN SUELO DE TENDENCIA SALINA**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



.....

**Carmen Yamileth Sacón Torres**

cc: 131570030-0



.....

**María Guadalupe Vera Vidal**

cc: 131280201-8

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

**GALO ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA** certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFICACIA DE ENMIENDAS Y AMINOÁCIDOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE SOYA (*Glycine max*) EN SUELO DE TENDENCIA SALINA**, que ha sido desarrollado por **CARMEN YAMILETH SACÓN TORRES Y MARÍA GUADALUPE VERA VIDAL** , previo a la obtención del título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....

**Ing. Galo A. Cedeño García, Mg. Sc**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de Integración curricular titulado: **EFICACIA DE ENMIENDAS Y AMINOÁCIDOS SOBRE EL CRECIMIENTO DE SOYA EN SUELO DE TENDENCIA SALINA**, que ha sido desarrollado por **CARMEN YAMILETH SACÓN TORRES Y MARÍA GUADALUPE VERA VIDAL**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....

**P.h.D Lenin Vera Montenegro**

**Presidente del tribunal**

.....

**Ing. José Lizardo Reyna Bowen, PHD**

**Miembro del tribunal**

.....

**Ing. Ángel F. Cedeño Sacón Mg. Sc**

**Miembro del tribunal**

## AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A Dios que es mi motor principal que me ayuda a fortalecerme como persona, a mis padres que son mi apoyo incondicional siempre y en cualquier decisión que de una u otra manera me ayude a crecer como una persona que tenga bien formado mis principios y valores.

A mis hermanas por sus consejos, al enseñarme que un resbalón no es lo final, A Mi esposo por su fortaleza, a sus consejos que me ayudaron a sobrellevar las dificultades de mi vida estudiantil en especial a mi compañera de tesis Guadalupe vera,

Al tutor el ingeniero Galo Cedeño, la ingeniera Geoconda López y a todos los docentes que formaron parte de estos 5 años de vida académica e impartieron sus conocimientos y enseñanzas para salir al campo

*Carmen Yamileth Sacón Torres*

## AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A Dios por darme salud y sabiduría para poder lograr este objetivo en mi vida, a mis padres y hermanos por el apoyo fundamental que me brindaron día a día, a mi compañera de tesis Yamileth Sacón, a mis amigos y en especial a Cristhian Chila, Afranio Esmeraldas han estado a lo largo de la vida universitaria apoyándome

A la Ingeniera Geoconda por estar pendiente y apoyándome de una u otra manera, A mi tutor el ingeniero Galo Cedeño que me ha brindado sus conocimientos y apoyo en lo que realizamos, al cuerpo de docente de la carrera de ingeniería agrícola por impartir sus conocimientos

*Maria Guadalupe Vera Vidal*

## DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a dios por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados

A mis padres por su amor ,trabajo y sacrificio en todo estos años ,a mi hija que es mi motor principal y mi fortaleza , mis hermanas por estar siempre presente apoyándome en esta etapa de mi vida , a todas las personas que me han apoyado y en especial a aquellos que me abrieron las puertas e impartieron sus conocimientos

*Parmen Famileth Sacón Torres*

## DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios por haberme dado lo más valioso la vida, por ser el inspirador de seguir luchando día a día, a mis padres y hermanos por haberme apoyado siempre en esta etapa universitaria y poder lograr ser una profesional

A mi hijo que es mi inspiración, mi motivación y fortaleza, de seguir luchando por lograr mi objetivo, ser una profesional

*Maria Guadalupe Vera Vidal*

## CONTENIDO GENERAL

|   |      |
|---|------|
| AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....           | iii  |
| CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....               | iv   |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....               | v    |
| AGRADECIMIENTO.....                         | vi   |
| AGRADECIMIENTO.....                         | vii  |
| DEDICATORIA.....                            | viii |
| DEDICATORIA.....                            | ix   |
| CONTENIDO GENERAL.....                      | x    |
| CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS .....        | xii  |
| RESUMEN .....                               | xiv  |
| ABSTRACT.....                               | xv   |
| CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....               | 1    |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....        | 1    |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN .....                    | 2    |
| 1.3. OBJETIVOS.....                         | 3    |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....                | 3    |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....           | 3    |
| 1.4. HIPÓTESIS.....                         | 3    |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....            | 4    |
| 2.1. CULTIVO DE SOYA .....                  | 4    |
| 2.2. SUELOS SALINOS.....                    | 4    |
| 2.3. CARACTERÍSTICAS DE SUELOS SALINOS..... | 6    |
| 2.3.1. TIPOS DE SUELOS SALINOS.....         | 6    |
| 2.4.1. COMPOST.....                         | 7    |
| 2.4.2. YESO AGRÍCOLA .....                  | 8    |

|   |    |
|---|----|
| 2.5. USO DE BIOESTIMULANTES.....  | 9  |
| CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....   | 11 |
| 3.1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO .....  | 11 |
| 3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO .....   | 11 |
| 3.3. CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS.....  | 11 |
| 3.4. MATERIAL VEGETAL .....   | 11 |
| 3.5. EXPERIMENTOS .....   | 12 |
| 3.5.1. EXPERIMENTO 1 .....  | 12 |
| 3.5.1.1. FACTORES EN ESTUDIO.....   | 12 |
| 3.5.1.2. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL.....  | 13 |
| 3.5.1.3. Manejo del experimento.....  | 13 |
| 3.5.2. EXPERIMENTO 2 .....  | 14 |
| 3.5.2.1. TRATAMIENTOS .....   | 15 |
| 3.5.2.2. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL.....  | 15 |
| 3.6. VARIABLES RESPUESTA .....  | 15 |
| 3.7. ANÁLISIS DE DATOS .....  | 16 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....   | 17 |
| 1.5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE VARIABLES<br>RESPUESTA DEL EXPERIMENTO 1..... | 17 |
| 1.5.1. CRECIMIENTO .....  | 17 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....   | 24 |
| 5.1. CONCLUSIONES .....   | 24 |
| 5.2. RECOMENDACIONES.....   | 24 |
| ANEXOS .....  | 29 |

## CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

### CUADROS:

|   |    |
|---|----|
| <b>Cuadro 2.1.</b> Contenido Nutricional del Compost.....   | 8  |
| <b>Cuadro 2.2.</b> Contenido Nutricional del Yeso.....  | 8  |
| <b>Cuadro 2.3.</b> Contenido Nutricional del Aminofish.....   | 9  |
| <b>Cuadro 2.4.</b> Contenido Nutricional del IIsadrip Forte.....  | 10 |
| <b>Cuadro 2.5.</b> Contenido Nutricional del Aminocat.....  | 10 |
| <b>Cuadro 3.1.</b> Mapa de localización del ensayo.....   | 11 |
| <b>Cuadro 3.2.</b> Condiciones Climáticas.....  | 11 |
| <b>Cuadro 3.3.</b> Requerimientos de yeso agrícola a aplicar al suelo de acuerdo con el nivel de sodio intercambiable, para reducir el PSI al 5%.....                     | 12 |
| <b>Cuadro 3.4.</b> Esquema de ANOVA experimento 1.....  | 13 |
| <b>Cuadro 3.5.</b> Valores de pH, CE, PSI y RAS en suelo experimental.....  | 13 |
| <b>Cuadro 3.6.</b> Clasificación de suelos salinos, sódicos y sódicos-salinos.....  | 14 |
| <b>Cuadro 3.7.</b> Esquema de ANOVA experimento 2.....  | 15 |
| <b>Cuadro 4.1.</b> Significancia estadísticas de variables de crecimientos de plántulas de soya en función de niveles de yeso y compost en suelo de tendencia salina..... | 17 |

### FIGURAS:

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 4.1.</b> Efecto de yeso y compost sobre el peso seco aéreo de plántulas de soya en suelo de tendencia salina.....   | 18 |
| <b>Figura 4.2.</b> Efecto de yeso y compost sobre el peso seco radical de plántulas de soya en suelo de tendencia salina..... | 18 |
| <b>Figura 4.3.</b> Efecto de yeso y compost sobre el peso seco de plántulas de soya, en suelo de tendencia salina.....        | 19 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 4.4.</b> Efecto de yeso y compost sobre el área foliar de plántulas de soya, en suelo de tendencia salina.....             | 19 |
| <b>Figura 4.5.</b> Efecto de enmiendas y aminoácidos sobre la masa seca aérea de plantas de soya, en suelo de tendencia salina ..... | 21 |
| <b>Figura 4.6.</b> Efecto de enmiendas y aminoácidos sobre la masa radical de plantas de soya, en suelo de tendencia salina .....    | 22 |
| <b>Figura 4.7.</b> Efecto de enmiendas y aminoácidos sobre la masa seca total de plantas de soya, en suelo de tendencia salina ..... | 22 |
| <b>Figura 4.8.</b> Efecto de enmiendas y aminoácidos sobre el área foliar de plantas de soya, en suelo de tendencia salina.....      | 23 |

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la eficacia de enmiendas y aminoácidos sobre el crecimiento de plántulas de soya (*Glycine max* L) en suelo de tendencia salina. El experimento se desarrolló bajo condiciones de umbráculo en el campus politécnico de la ESPAM MFL. Se desarrollaron dos ensayos separados en el tiempo. En el primero se evaluaron tres dosis de yeso agrícola - YA (14, 28 y 42 g por maceta) y tres dosis de compost - CP (14, 28 y 42 g por maceta). En segundo ensayo se evaluaron tres fuentes de aminoácidos (de origen vegetal, marino y animal). Como enmienda se utilizó la mejor combinación de YA + CP obtenido en el primer experimento. En ambos experimentos, se registró masa seca de raíces, de planta y área foliar. Los datos obtenidos fueron analizados a través del ANOVA, contraste ortogonales y la separación de medias se efectuó con prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). No se encontró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) para la interacción YA x CP, ni para dosis de YA y CP de manera simple. El contraste ortogonal entre los promedios de YA+CP vs el testigo, si mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), por lo que se concluye que las dosis mínimas de YA y CP son suficientes para potenciar el crecimiento de plántulas de soya en suelo de tendencia salina. Para el segundo experimento si se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las fuentes de aminoácidos, donde el aminoácido de origen vegetal fue el que alcanzó mayores valores en todas las variables de crecimiento evaluadas.

**Palabras claves:** *Glycine max*, suelo con sales, yeso agrícola, compost, crecimiento

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the efficacy of amendments and amino acids on the growth of soybean seedlings (*Glycine max* L) in saline-prone soil. The experiment was carried out under shady conditions at the ESPAM MFL polytechnic campus. Two trials separated in time were developed. In the first, three doses of agricultural gypsum - YA (14, 28 and 42 g per pot) and three doses of compost - CP (14, 28 and 42 g per pot) were evaluated. The second trials, three sources of amino acids (vegetable, marine and animal origin) were evaluated. As an amendment, the best combination of YA + CP obtained in the first experiment was used. In experiments, root and plant dry mass and leaf area were recorded. The data obtained were analyzed through ANOVA, orthogonal contrast and the separation of means was carried out with the Tukey test ( $\alpha = 0.05$ ). No significant differences ( $p > 0.05$ ) were found for the YA x CP interaction, nor for the YA and CP doses in a simple way. The orthogonal contrast between the averages of YA+CP vs. The control, did show significant differences ( $p < 0.05$ ), so it is concluded that the minimum doses of YA and CP are sufficient to enhance the growth of soybean seedlings in soil of saline trend. For the second experiment, significant differences ( $p < 0.05$ ) were found between the amino acid sources, where the amino acid of plant origin was the one that reached the highest values in all the growth variables evaluated.

**Key words:** Glycine max, soil with salts, agricultural plaster, compost, growth

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La salinidad del suelo es un problema que incrementa en las regiones áridas y semiáridas del mundo como consecuencia de una baja precipitación y un mal manejo de los fertilizantes y del agua de riego (Villa, *et al.*, 2006), donde 230 millones de tierra irrigada, hay 40 millones de hectáreas son suelos afectados por la salinización, correspondiente al 19% (Goykovic y Saavedra, 2007), afectando a los suelos agrícolas en todo el mundo, tan solo en América Latina 31, 000,000 Ha presentan este problema, destacando México, Perú, Colombia, Ecuador y Chile entre los más 13 afectados (INTAGRI, 2015).

Cuando las plantas crecen en suelos salinos, su crecimiento se reduce y los tallos y las hojas no se expanden, causando un estrés salino que provoca cambios fisiológicos y bioquímicas en el metabolismo de las plantas que determinan su subsistencia, así como su productividad en estas condiciones. Esto es provocado cuando las sales se acumulan en concentraciones en las superficies del suelo y zonas de las raíces, por el uso inadecuado de aguas para riego de baja calidad química, uso de fertilizantes con elevado índice de salino y deficiente drenaje del suelo, que no permite un adecuado lavado y filtración de sales a zonas más profundas del perfil del suelo.

La soya es un cultivo económicamente importante que está sujeta a estrés abiótico que inhibe la germinación de la semilla, además de amenazar crecientemente el crecimiento y el rendimiento del cultivo de la soya. Al igual que otras especies, el crecimiento de la soya en ambientes salinos tiene como consecuencia un efecto osmótico que influye la desorganización de la membrana, la toxicidad metabólica, así como en la alteración de la fotosíntesis provocando la muerte de la planta. Por lo anteriormente mencionado se plantea la siguiente pregunta de investigación.

¿La aplicación de enmiendas y aminoácidos podría mejorar el crecimiento de la soya en suelo de tendencia salina?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La salinidad es una amenaza creciente para la productividad de cultivares de soya (*Glycine max*). Diferentes estrategias se han adoptado para superar el problema de la baja productividad (Hernández, *et al.*, 2015), que están causando los suelos salinos. La aplicación de enmiendas orgánicas es una alternativa que se utiliza mucho en la recuperación de suelos salinos, además ayuda a mejorar las características físicas, químicas y biológicas del mismo, así como las enmiendas químicas que son productos minerales como la cal, el azufre y el yeso, mejoran la calidad del suelo al reducir la acidez y el porcentaje de sodio intercambiable que genera salinidad, respectivamente (Bonnet, 1960).

En Ecuador, la soya tiene una gran importancia por sus propiedades nutricionales en la alimentación humana y animal, se utiliza en la elaboración de balanceados para la avicultura y demás alimentos pecuarios. La demanda más importante de este alimento proviene de la avicultura ya que la torta de soya representa alrededor del 15% al 20% de la composición de los alimentos balanceados (Masache y Morocho, 2011). La provincia de mayor rendimiento fue Los Ríos con una producción de 2.16 toneladas por hectárea. El rendimiento a nivel nacional para el ciclo de verano del 2015 se determinó en 2.04 t ha<sup>-1</sup> (Vergara, *et al.*, 2016). En Manabí no se produce soya actualmente, sin embargo, muchas zonas agroecológicas de Manabí, han sido consideradas con potencial para desarrollar su cultivo a nivel comercial (MAGAP, 2014).

Por lo anteriormente descrito, la investigación se orientó a buscar alternativas tecnológicas para potenciar el crecimiento y rendimiento de la soya en suelos con tendencia salina mediante la aplicación de enmiendas y aminoácidos, además de ampliar la información que sirva de utilidad para la recuperación de suelos salinos con el empleo de alternativas más ecológicas, que ayuden obtener una mayor rentabilidad de producto y al mismo tiempo mejorar el rendimiento del cultivo de soya.

Este proyecto encaja en el objetivo de la agenda 2030 de desarrollo sostenible propuesta por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), con el objetivo dos que es poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición

y promover la agricultura sostenible. Donde se aplica la meta 2.4 que indica que de aquí a 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la eficacia de enmiendas y aminoácidos sobre el crecimiento de plántulas de soya (*Glycine max*) en suelo de tendencia salina

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el efecto del yeso agrícola y materia orgánica sobre el crecimiento de plántulas de soya (*Glycine max*) en suelo de tendencia salina
- Cuantificar la eficacia de tres fuentes de aminoácidos sobre el crecimiento de plántulas de soya (*Glycine max*) en suelo de tendencia salina

### **1.4. HIPÓTESIS**

El crecimiento de plántulas de soya, en suelo de tendencia salina es influenciado significativamente por las enmiendas y los aminoácidos evaluados.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. CULTIVO DE SOYA**

El cultivo de soya en el Ecuador no se caracteriza por un alto nivel de especialización; por lo que 55% de los productores de soya ecuatorianos complementan sus ingresos con otras fuentes de trabajo como la producción de otro cultivo. De hecho, la mayoría de los productores realizan la siembra de soya una sola vez al año en época de verano como alternativa a la siembra de cultivos tradicionales como el arroz y maíz duro seco (Vergara, 2016). La producción nacional de soya cubre un bajo porcentaje de la demanda nacional, lo cual implica altos volúmenes de importación (Valencia y Ligarreto, 2010).

Actualmente es la oleaginosa de mayor importancia gracias a la calidad y al alto contenido de proteína que posee. La superficie sembrada de soya en el Ecuador, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC, 2 000) es de 54 350 hectáreas, siendo la provincia de Los Ríos la que ocupa el 96 % de la producción nacional.

La superficie cosechada de este cultivo en Ecuador alcanzó 31 000 ha, lo cual devino en la producción de 61 000 t, y dio como resultado un rendimiento promedio a nivel nacional de 1,97 t/ha. La mayor parte de estas corresponden a pequeños productores con casi el 60 % del total, los medianos representan el 30 % y los grandes el 10 % restante. A pesar de esto, se puede afirmar que el cultivo de este grano está concentrado, ya que los grandes productores concentran alrededor del 55 % de la superficie sembrada a nivel nacional (FAO, 2009)

### **2.2. SUELOS SALINOS**

La salinidad afecta a la humanidad desde el inicio de la agricultura. Existen registros históricos de migraciones provocadas por la salinización del suelo cultivable. La actividad antrópica ha incrementado la extensión de áreas salinizadas al ampliarse las zonas de regadío con el desarrollo de grandes proyectos hidrológicos, los cuales han provocado cambios en la composición de sales en el suelo. En la década del 90 se estimaba que la proporción de suelos afectados por salinidad estaba alrededor de un 10 % del total mundial y que entre un 25 y un 50 % de las zonas de regadío estaban salinizadas.

En la actualidad, no existe referencia alguna de los niveles de áreas afectadas por este factor, pero, sí está claro, que esta situación se agudiza cada día más en las áreas cultivadas a nivel mundial, producto de la falta de conciencia medioambiental y de la explotación de los recursos hídricos irracionalmente, además de otros factores edafoclimáticos que influyen directamente sobre la salinidad de los suelos (Lamz y Gonzales, 2013).

La salinidad de los suelos es uno de los principales factores abióticos que afectan el establecimiento y la productividad de las plantas (Pernús y Sánchez, 2015), además que afecta la germinación y el desarrollo de las plantas. Sin embargo, algunas especies manifiestan tolerancia a la salinidad durante estas etapas del desarrollo, lo cual es importante para la supervivencia en estas condiciones ambientales (Madueño *et al*; 2006).

La salinidad de los suelos es uno de los factores que limita actualmente la agricultura en grandes extensiones de tierra. A nivel mundial una superficie de aproximadamente 897 millones de hectáreas presenta algún grado de salinidad (Ruiz *et al*; 2007). Precisamente, la salinización de los suelos es uno de los estrés que amenaza crecientemente la productividad de los cultivos de soya. El estrés salino provoca efectos osmóticos e iónicos que conllevan a alteraciones morfológicas, fisiológicas y bioquímicas en las plantas de soya (Hernández y Soto, 2014).

El interés por mejorar la tolerancia de los cultivos a la salinidad ha ido creciendo en los últimos años, empleando métodos de mejora y selección tradicionales o producción de organismos genéticamente modificados. Mediante las nuevas herramientas de biología molecular, la mejora de la tolerancia puede extenderse a cultivos donde no existe variabilidad genética en respuesta al estrés salino o la heredabilidad de los caracteres de interés sea muy baja (Leidi, y Pardo, 2002).

Los problemas de salinidad o de acumulación de sodio en exceso ocasionan un deterioro acelerado en la calidad de los suelos y una disminución del potencial productivo provocando pérdidas importantes en la producción agrícola (Tozzi *et al.*, 2017), que amenaza la calidad de los suelos agrícolas en todo el mundo, tan sólo en América Latina 31, 000,000 Has presentan este problema, destacando México, Perú, Colombia, Ecuador y Chile entre los más 13 afectados (INTAGRI., 2015).

## 2.3. CARACTERÍSTICAS DE SUELOS SALINOS

La salinidad es un proceso complejo de degradación química, que influye sobre cambios significativos, en las propiedades físicas de los suelos. Presenta una distribución heterogénea, variable en el tiempo y espacio, a diferentes escalas (Girón, *et al*; 2009).

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.

### 2.3.1. TIPOS DE SUELOS SALINOS

En función de las sales presentes en un suelo podemos realizar una primera clasificación, muy básica, que consistiría en categorizar este tipo de suelos en:

- Salinos
- Salino-Sódicos
- Sódicos no salinos

**2.3.1.1. Suelo salino:** También conocido como “álcali blanco”. Son aquellos cuya conductividad eléctrica en el extracto saturado es mayor de 4 mmhos/cm a 25° C., con un porcentaje de sodio de cambio inferior al 15% y un p.H generalmente menor de 8,5. La concentración de sales puede llegar en estos suelos incluso al 1% de su peso. Su formación se debe generalmente a falta de drenaje y elevado porcentaje de evaporación, lo cual origina la mencionada acumulación de sales (Ibañez, 2008).

**2.3.1.2. Suelo salino-sódico:** Tienen una conductividad del extracto saturado superior a 4 mhos/cm. A 25° C., con un porcentaje de sodio de cambio superior al 15%. Estos suelos suelen originarse por un proceso de salinización y acumulación de sodio y en ellos, si el contenido en sales es elevado, el pH raramente es superior a 8,5.

**2.3.1.3. Suelo sódico no salino:** En estos suelos la conductividad del extracto saturado es menor de 4mmhos/cm. a 25° C., el sodio de cambio supera el 15% y el pH es superior a 8,5, debido a una presencia predominante en ellos de carbonato sódico (que puede originar pH de hasta 10).

| Clases de suelos                   |        |        |        |               |
|------------------------------------|--------|--------|--------|---------------|
| Parámetros                         | Salino | Normal | Sódico | Salino-Sodico |
| PH                                 | <8.5   | <8.5   | >8.5   | >8.5          |
| CE                                 | >4     | <4     | <4     | >4            |
| P.S.I                              | <15    | <15    | >15    | >15           |
| P.S.I porcentaje NA intercambiable |        |        |        |               |

## 2.4. ENMIENDAS ORGÁNICAS Y MINERALES

Las enmiendas orgánicas aportan al suelo materia orgánica y nutrimentos, con lo que se favorece la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas (Pool-Novelo *et al.*, 2000). Para mejorar la calidad de los suelos y, disminuir la degradación y contaminación; se viene utilizando la aplicación de enmiendas como el yeso agrícola, compost enriquecido con EM y el humus de lombriz, creando grandes expectativas en este campo debido a que por su alto contenido de materia orgánica, microorganismos, bacterias y micro elementos estos actúan sobre los cambios en la estabilidad estructural y aumentan la capacidad de almacenamiento de agua de los suelos enmendados (Damián *et al.*, 2018).

El uso de enmiendas orgánicas en suelos agrícolas ha sido una práctica ancestral que ha ido evolucionando en paralelo con los avances tecnológicos en la producción agrícola (Hirzel; Salazar, 2011), utilizadas para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, con el objetivo de obtener mayores rendimientos en los cultivos. Además, para mejorar la calidad de los suelos y, disminuir la degradación y contaminación; también se va venido utilizando la aplicación de enmiendas minerales como el yeso agrícola para suelos salinos, azufre elemental para suelos alcalinos y carbonatos como la dolomita, calcita y magnesita para suelos ácidos (Arévalo y Castellano, 2009).

### 2.4.1. COMPOST

El compostaje es una práctica ampliamente aceptada como sostenible y utilizada en todos los sistemas asociados a la agricultura climáticamente inteligente .Ofrece un

enorme potencial en los sistemas agroecológicos y combina la protección del medio ambiente con una producción agrícola sostenible (FAO, 2013).

**Cuadro 2.1.** Contenido Nutricional del Compost

| Componentes                  | Elementos        | Unidad | Rango    |
|------------------------------|------------------|--------|----------|
| <b>Contenido Nutricional</b> | Nitrógeno        | %      | 2,05     |
|                              | Fosforo          | %      | 1,06     |
|                              | Potasio          | %      | 1,23     |
|                              | Calcio           | %      | 1,02     |
|                              | Magnesio         | %      | 0,56     |
|                              | Zinc             | ppm    | 228      |
|                              | Manganeso        | ppm    | 327      |
|                              | Cobre            | ppm    | 254      |
|                              | Materia Orgánica | %      | 41,3     |
|                              | PH               | -      | 6.5- 7.0 |

Fuente: FAO (2013).

### 2.4.2. YESO AGRÍCOLA

El yeso agrícola es un mineral obtenido de depósitos superficiales y subterráneos .puede ser una valiosa fuente de calcio (Ca) y azufre (S) para las plantas y, en condiciones específicas, puede proporcionar beneficios para las propiedades del suelo. El yeso generalmente se agrega al suelo ya sea como fuente de nutrientes o para modificar y mejorar las propiedades del suelo .El yeso es algo soluble en agua cuando se aplica al suelo, su solubilidad depende de varios factores, incluyendo el tamaño de las partículas, la humedad del suelo y las propiedades edáficas.

Cuando se utiliza yeso en la recuperación de suelos de alta sodicidad por lo general resulta en la mejora de las propiedades físicas del suelo, como la reducción de la densidad aparente, una mayor permeabilidad e infiltración de agua y la disminución de la formación de costras (IPNI, 2010).

**Cuadro 2.2.** Contenido Nutricional del yeso

| <b>Propiedades químicas</b> |   |  |
|-----------------------------|---|--|
| Tipo de sulfato de calcio   | Formula y composición   | Solubilidad                              |
| <b>Di -hidratado (yeso)</b> | CaSO <sub>4</sub> * 2H <sub>2</sub> O<br>[23%Ca,18%S,21% agua ] | 2.05 g/L                                 |
| <b>Anhidrita</b>            | CaSO <sub>4</sub> [29%Ca,23%S]                                  | 2.05 g/L                                 |
| <b>Hemihidratado</b>        | CaSO <sub>4</sub> * 1/2 H <sub>2</sub> O                        | [Se convierten en yeso al agregar agua ] |
| <b>(Yeso de parís )</b>     |   |  |

Fuente: IPNI (2010).

## 2.5. USO DE BIOESTIMULANTES

Según Vertolin *et al* (2010), se sabe que existen productos que actúan como bioestimulantes mejorando el desarrollo de las plantas o ciertas características fisiológicas que pueden terminar en un mayor rendimiento comercial. Los bionutrientes o estimulantes de crecimiento vegetal son productos antiestrés con sustancias naturales propias del metabolismo vegetal, que estimulan y vigorizan los cultivos, desde la germinación hasta la fructificación, disminuyen los daños por salinidad, sequía, exceso de humedad, fitotoxicidad, enfermedades, plagas, ciclones, granizadas, podas y trasplantes (Viñals, *et al.*, 2011).

En agricultura, los bioestimulantes se definen como aquellos productos que son capaces de incrementar el desarrollo, producción y/o crecimiento de los vegetales. Otros autores definen a los bioestimulantes como fertilizantes líquidos que ejercen funciones fisiológicas al aplicarlos a los cultivos, así como, son moléculas biológicas que actúan potenciando determinadas expresiones metabólicas y/o fisiológicas de las plantas (Gallardo, 1998)

Se ha demostrado que, en especial, los bioestimulantes son muy eficientes cuando la planta ha sido sometida a períodos de estrés; por otra parte, algunos investigadores plantean que en diferentes condiciones edafoclimáticas los cultivos de interés comercial como promedio logran entre 40- 65 % de eficiencia en el uso de los nutrientes. Es necesario un incremento de hasta 70-80 % del potencial para lograr satisfacer las demandas de los próximos 30 años (Montano *et al*; 2007).

### 2.5.1. AMINOFISH

Es un Biofertilizante- Bioestimulante, a base de compuestos orgánicos y extractos de soluble de pescado aporta complejo de macro y micronutrientes, Aminoácidos y proteínas y aceites esenciales. Estos compuestos son rápidamente asimilables y promueven un buen desarrollo de la planta.

**Cuadro 2.3.** Contenido Nutricional del Aminofish

| COMPOSICIÓN | %PESO    |
|-------------|----------|
| Proteína    | 20.00    |
| Zinc        | 5000 ppm |
| Manganeso   | 5000ppm  |
| Magnesio    | 2500ppm  |
| Molibdeno   | 200ppm   |

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Hierro                     | 500ppm |
| Cobalto                    | 50ppm  |
| Acondicionadores e inertes | 78.675 |
| Total                      | 100.00 |

Fuente: fagro.com.mx

## 2.5.2. ILSADRIP FORTE

Es un fertilizante líquido orgánico nitrogenado a base de Gelamin con un elevado contenido de nitrógeno y aminoácido, que estimula el metabolismo de los cultivos y aumenta las raíces.

**Cuadro 2.4.** Contenido Nutricional del Ilsadrip Forte

| COMPOSICIÓN            |            |          |
|------------------------|------------|----------|
| Nitrógeno (N) orgánico | 9%(p/p)    | 11%(p/v) |
| Nitrógeno (N)Total     | 9%(p/p)    | 11%(p/v) |
| Carbono (C) orgánico   | 24.5%(p/p) | 30%(p/v) |
| Aminoácidos Totales    | >55        | >65      |

Fuente: AgriBio

## 2.5.3. AMINOCAT

Es un producto a base de aminoácidos libres (obtenidos mediante de hidrólisis de proteínas de origen vegetal) enriquecido con NPK que estimula el crecimiento vegetal de forma inmediata.

**Cuadro 2.5.** Contenido Nutricional del Aminocat

| COMPOSICIÓN   |          |
|---|----------|
| Aminoácidos   | 10 %p/p  |
| Nitrógeno total (N)   | 3 %p/p   |
| Nitrógeno(N)orgánico  | 2,5 %p/p |
| Nitrógeno (N)nitríco  | 0,2 %p/p |
| Nitrógeno(N)amoniacal   | 0,3 %p/p |
| Pentóxido de fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) soluble en agua | 1 %p/p   |
| Oxido de potasio (K <sub>2</sub> O) soluble en agua                   | 1 %p/p   |

Fuente: Atlá

## CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

El experimento se llevó a cabo en el vivero del campus politécnico de la ESPAM MFL, localizada en el sitio El Limón perteneciente al Cantón Bolívar, cuyas coordenadas son: 0°49'12.1" Latitud Sur; 80°10'45.2" Longitud Oeste y un Altitud de 15 msnm.

**Cuadro 3.1.** Mapa de localización del ensayo



Fuente: Google Earth (2022).

### 3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

El trabajo se desarrolló durante la temporada seca del 2021

### 3.3. CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS.

En el campus politécnico el Limón se tiene las siguientes características climáticas como promedio de enero del 2011 hasta diciembre del 2019.

**Cuadro 3.2.** Condiciones climáticas

| <b>Condiciones climáticas anual</b> |                 |
|-------------------------------------|-----------------|
| <b>Precipitación anual</b>          | 996.7 mm        |
| <b>Temperatura máxima</b>           | 30.6 °C         |
| <b>Temperatura mínima</b>           | 21.8 °C         |
| <b>Humedad relativa</b>             | 82.1%           |
| <b>Heliofanía</b>                   | 1125.3h/sol/año |

Fuente: Estación Meteorológica ESPAM MFL

### 3.4. MATERIAL VEGETAL

Se utilizó un material promisorio experimental de soya, el mismo que no llegó a florecer, razón por la cual no se pudo avanzar hasta rendimiento.

### 3.5. EXPERIMENTOS

Se desarrollaron dos experimentos separados en el tiempo: el primero se evaluó el efecto del yeso agrícola combinado con compost; mientras que en el segundo se evaluó el efecto de tres fuentes de aminoácidos más la mejor combinación de yeso y compost obtenida en el experimento 1. Los niveles de yeso evaluados fueron determinados en base a los niveles de porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y capacidad de intercambio catiónico (CIC), sugeridos por Castellanos, (2000).

**Cuadro 3.3.** Requerimientos de yeso agrícola a aplicar al suelo de acuerdo con el nivel de sodio intercambiable, para reducir el PSI al 5% (Castellanos ,2000).

| CIC | Contenido de sodio intercambiable en el suelo ,meq /100gde suelo |     |     |     |      |      |      |      |      |      |    |    |    |
|-----|--|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|----|----|----|
|     | 1  | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 15 | 20 | 25 |
| 50  | 0  | 0   | 1.5 | 4.6 | 7.7  | 10.8 | 13.9 | 17.0 | 20.1 | 23.2 | 39 | 54 | 70 |
| 45  | 0  | 0   | 2.3 | 5.4 | 8.5  | 11.6 | 14.7 | 17.8 | 21.0 | 24.0 | 39 | 55 | 70 |
| 40  | 0  | 0   | 3.1 | 6.2 | 9.3  | 12.4 | 15.5 | 18.6 | 21.7 | 24.8 | 40 | 56 | 71 |
| 35  | 0  | 0.8 | 3.9 | 7.0 | 10.1 | 13.2 | 16.2 | 19.3 | 22.0 | 25.5 | 41 | 57 | 72 |
| 30  | 0  | 1.5 | 4.6 | 7.7 | 10.8 | 13.9 | 17.0 | 20.1 | 23.2 | 26.3 | 42 | 57 | 73 |
| 25  | 0  | 2.3 | 5.4 | 8.5 | 11.6 | 14.7 | 17.8 | 20.9 | 24.0 | 27.1 | 42 | 58 | 74 |
| 20  | 0  | 3.1 | 6.2 | 9.3 | 12.4 | 15.5 | 18.6 | 21.7 | 24.8 | 27.9 | 31 | 59 | 74 |

En el cuadro 3.4, se detallan los valores de parámetros químicos del suelo obtenido previo al experimento. Por lo anterior, se decidió evaluar dosis similares de yeso agrícola y compost.

#### 3.5.1. EXPERIMENTO 1

Efectividad del yeso agrícola y compost sobre el crecimiento de plántulas de soya, en suelo de tendencia salina.

##### 3.5.1.1. FACTORES EN ESTUDIO

###### Factor A (Yeso agrícola)

- 14.00 g de yeso por maceta
- 28.00 g de yeso por maceta
- 42.00 g de yeso por maceta

###### Factor B (Compost)

- 14.00 g de compost por maceta
- 28.00 g de compost por maceta
- 42.00 g de compost por maceta

**Tratamiento control:** sin aplicación de yeso y compost

### 3.5.1.2. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

Para el experimento se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial A x B + 1, con diez tratamientos, tres réplicas y 30 unidades experimentales. La unidad experimental estuvo conformada de cuatro contenedores de 2 kg de capacidad.

**Cuadro 3.4.** Esquema de ANOVA experimento 1

| Fuente de variación     | Grados de libertad |
|-------------------------|--------------------|
| Tratamientos            | 9                  |
| Yeso                    | 2                  |
| Compost                 | 2                  |
| Yeso x Compost          | 4                  |
| Control vs Tratamientos | 1                  |
| Error                   | 20                 |
| Total                   | 29                 |

### 3.5.1.3. Manejo del experimento

El suelo utilizado en la investigación fue colectado en la zona arrocera de la Parroquia Crucita del cantón Portoviejo. En el cuadro 3.5, se detallan los parámetros químicos del suelo experimental (cuadro 3.5.).

**Cuadro 3.5.** Valores de pH, CIC, CE, PSI y RAS en suelo experimental.

| Variables del suelo |           |         |             |                 |
|---------------------|-----------|---------|-------------|-----------------|
| pH                  | CE (dS/m) | PSI (%) | RAS (meq/L) | CIC (meq/100 g) |
| 7,82                | 4,10      | 5,80    | 7,31        | 30              |

CE = Conductividad eléctrica  
 PSI = Porcentaje de sodio intercambiable  
 RAS = Razón de absorción de sodio  
 CIC = Capacidad de intercambio catiónico

En la cuadro 3.6, se muestran los datos de pH, CE y PSI del suelo experimental, y de acuerdo con la clasificación de suelos salinos descritos por SAGARPA – SEMARNAT (2010).

**Cuadro 3.6.** Clasificación de suelos salinos, sódicos y sódicos-salinos (SAGARPA – SEMARNAT, 2010).

| Suelo         | CE (dS/m) | PSI (%) | pH        | Observaciones   |
|---------------|-----------|---------|-----------|---|
| Normal        | <4        | <15     | 6.5 a 7.5 | Buena permeabilidad, aireación y buena estructura                               |
| Salino        | >4        | <15     | 7.0 a 8.5 | Presencia de costras blancas en la superficie.                                  |
| Salino-sódico | >4        | >15     | <8.5      | Poca permeabilidad, baja aireación, defloculación de moderada a alta.           |
| Sódico        | <4        | >15     | 8.2 a 10  | Mala permeabilidad, difícil de trabajar y alta defloculación de sus partículas. |

El suelo fue secado y desmenuzado con el fin de mezclarlo con las respectivas dosis experimentales de yeso agrícola y compost. Luego, se colocó dos kg del sustrato por contenedor, el mismo que fue humedecido hasta capacidad de campo y dejado en incubación al ambiente por 30 días, con la finalidad de que se produzcan las reacciones químicas necesarias. Posteriormente, se realizó la siembra de cuatro semillas de soya por maceta, con la finalidad de seleccionar dos plántulas al momento de la emergencia.

Al momento de la emergencia, se procedió a aplicar 5 g de fertilizante complejo por maceta, independientemente de los tratamientos evaluados. El riego se realizó semanalmente, procurando mantener el sustrato a capacidad de campo. Las malezas fueron controladas de manera manual. El control de plagas se realizó de acuerdo a los niveles de daño económico establecidos para el cultivo en estadios tempranos.

### 3.5.2. EXPERIMENTO 2

Efectividad de tres fuentes de aminoácidos sobre crecimiento de plántulas de soya, en suelo de tendencia salina enmendado con yeso y compost.

Para establecer este segundo ensayo, se utilizó la combinación de la menor dosis de yeso y compost como base para enmendar el suelo, previa aplicación de los tratamientos a base de aminoácidos.

### 3.5.2.1. TRATAMIENTOS

T<sub>1</sub>: Suelo enmendado + aminoácidos de origen vegetal (Extractos vegetales)

T<sub>2</sub>: Suelo enmendado + aminoácidos de origen animal (Harina de sangre)

T<sub>3</sub>: Suelo enmendado + aminoácidos de origen marino (extractos de algo o pescado)

T<sub>4</sub>: Suelo sin enmienda + aminoácidos de origen vegetal (Extractos vegetales)

T<sub>5</sub>: Suelo sin enmienda + aminoácidos de origen animal (Harina de sangre)

T<sub>6</sub>: Suelo sin enmienda + aminoácidos de origen marino (extractos de algo o pescado)

T<sub>7</sub>: Suelo enmendado sin aminoácidos

T<sub>8</sub>: Control (sin enmienda y sin aminoácido)

### 3.5.2.2. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con ocho tratamientos, tres repeticiones y 24 unidades experimentales. La unidad experimental fue conformada por cuatro macetas de dos kg de capacidad. La dosis de aminoácidos usada para las tres fuentes probadas fue de 5 mL L<sup>-1</sup> de agua.

**Cuadro 3.7.** Esquema de ANOVA experimento 2

| Fuente de variación | Grados de libertad |
|---------------------|--------------------|
| Tratamientos        | 7                  |
| Error               | 16                 |
| Total               | 23                 |

### 3.6. VARIABLES RESPUESTA

- **Peso seco aéreo (g):** se determinó a los 60 días después de la emergencia, colocando la muestra en estufa a 65 °C hasta que alcance peso constante.
- **Peso seco radical (g):** se cuantificó a los 60 días después de la emergencia, colocando la muestra en estufa a 65 °C hasta que alcance peso constante.

- **Peso seco de planta (g):** se registró a los 60 días después de la emergencia, colocando la muestra en estufa a 65 °C hasta que alcance peso constante.
- **Área foliar (cm<sup>2</sup>):** fue estimada a los 60 días después de la emergencia, con la metodología del sacabocado y la relación peso/área de los fragmentos de hojas y de toda la planta.

### **3.7. ANÁLISIS DE DATOS**

El análisis de datos se realizó a través del análisis de varianza (ANOVA), y la separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error. Además se realizaron contrastes ortogonales.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1.5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE VARIABLES RESPUESTA DEL EXPERIMENTO 1

#### 1.5.1. CRECIMIENTO

Las variables de crecimiento no fueron influenciadas significativamente ( $p>0.05$ ) por el compost (CP), el yeso agrícola (YA) ni la respectiva interacción (Tabla 4.1). Sin embargo, el contraste ortogonal entre el promedio de los tratamientos con compost y yeso agrícola vs el promedio del tratamiento control, si mostró diferencias estadísticas significativas ( $p<0.05$ ). Lo anterior indica que para mejorar el crecimiento de plántulas de soya en suelos de tendencia salina, puede ser suficiente la aplicación de dosis mínimas de CP y YA.

**Cuadro 4.1.** Significancia estadística de variables de crecimiento de plántulas de soya en función de niveles de yeso y compost en suelo de tendencia salina.

| Fuente de Variación     | Peso seco aéreo (g)  | Peso seco radical (g) | Peso seco planta (g) | Área foliar (cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------|
| Compost                 | 0,9154 <sup>NS</sup> | 0,0533 <sup>NS</sup>  | 0,2584 <sup>NS</sup> | 0,4214 <sup>NS</sup>           |
| Yeso                    | 0,1219 <sup>NS</sup> | 0,0789 <sup>NS</sup>  | 0,6118 <sup>NS</sup> | 0,0658 <sup>NS</sup>           |
| Compost x Yeso          | 0,2697 <sup>NS</sup> | 0,0969 <sup>NS</sup>  | 0,5481 <sup>NS</sup> | 0,5676 <sup>NS</sup>           |
| Testigo vs tratamientos | 0,0049*              | 0,0001**              | 0,0056*              | 0,0245*                        |
| C.V. %                  | 15,98                | 11,19                 | 13,84                | 19,06                          |

#### 1.5.2. PESO SECO AÉREO

El tratamiento con CP+YA incrementó en un 47.77% el peso seco aéreo, con relación al tratamiento control (Figura 4.1).

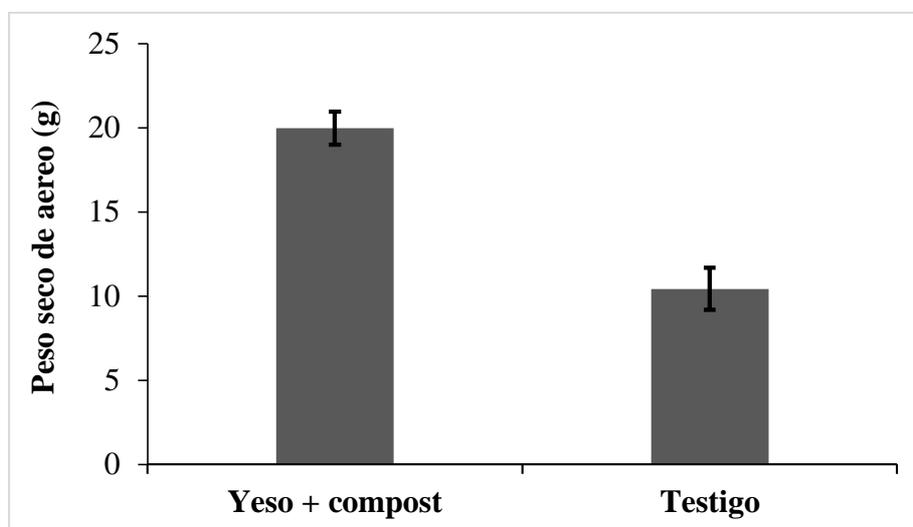


Figura 4.1. Efecto de yeso y compost sobre el peso seco aéreo de plántulas de soya en suelo de tendencia salina

### 1.5.3. PESO SECO RADICAL

El tratamiento con CP+YA incremento en un 55.98% el peso seco radical, con respecto al tratamiento control (Figura 4.2).

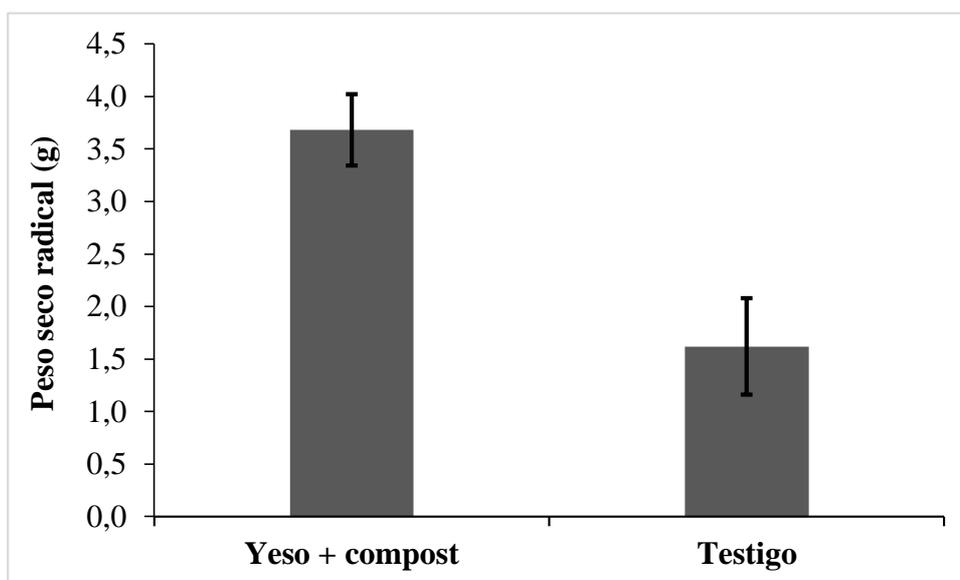


Figura 4.2. Efecto de yeso y compost sobre el peso seco radical de plántulas de soya en suelo de tendencia salina

### 1.5.4. PESO SECO DE LA PLANTA

El mayor incremento en peso seco de planta fue alcanzado por el tratamiento a base de CP+YA, con una diferencia de 10.11g, con relación al tratamiento testigo (Figura 4.3).

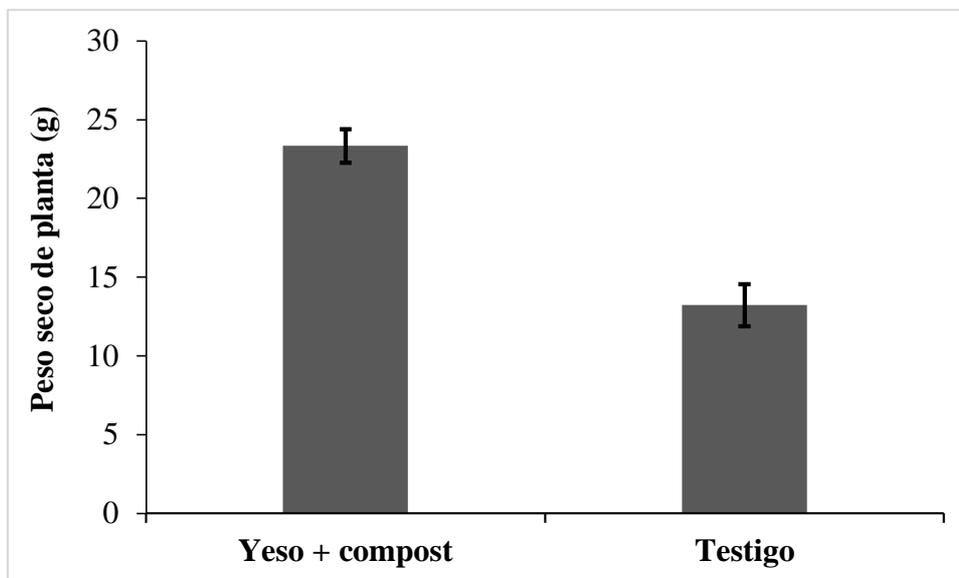


Figura 4.3. Efecto de yeso y compost sobre el peso seco de plántulas de soya en suelo de tendencia salina

### 1.5.5. ÁREA FOLIAR

Para el caso del área foliar, el tratamiento a base de CO+YA mostró un incremento del 68.27%, en contraste al tratamiento testigo (Figura 4.4).

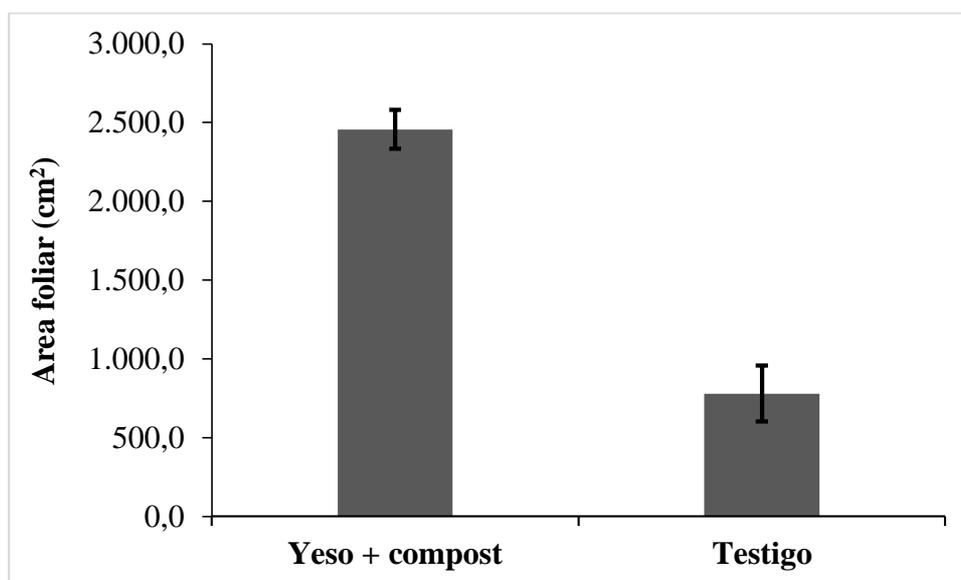


Figura 4.4 Efecto de yeso y compost sobre el área foliar de plántulas de soya en suelo de tendencia salina

## 1.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 1

Los resultados obtenidos son cercanos a los obtenidos por Atwa y Abo (2014), quienes reportaron mayor acumulación de biomasa en soya cultivada en suelos salinos, con aplicación de enmiendas como el yeso y compost. Resultados similares

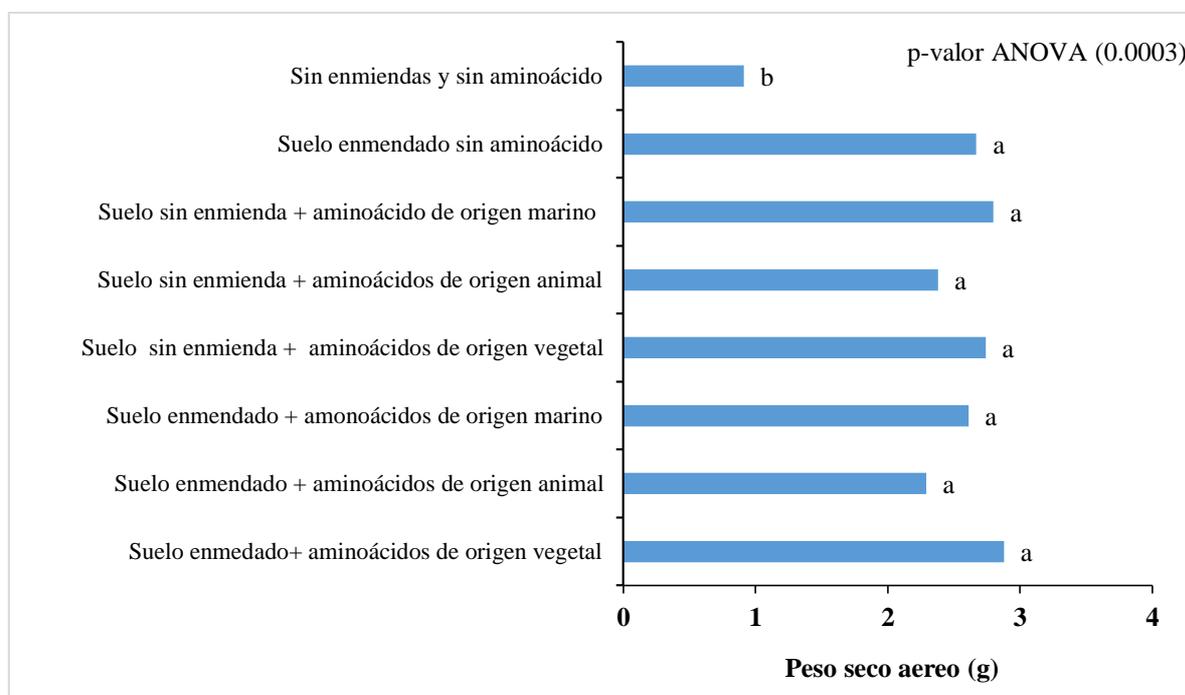
también fueron hallados por Ferdous et al. (2018), quienes reportaron que la aplicación de compost de jacinto de agua y biocarbón de cáscara de arroz tuvo efectos positivos en la mitigación de los efectos negativos del estrés por salinidad en el crecimiento y el rendimiento de la soja. Por su parte, Yumika et al. (2018) concluyeron que las aplicaciones de yeso y estiércol de vacuno incrementaron el índice de clorofila foliar y la acumulación de prolina, en variedades de soja susceptibles y tolerantes a salinidad, lo cual mejoró su crecimiento. En este mismo contexto, Liu et al. (2020) reportaron que aplicaciones de biochar mejoran el crecimiento de la soja en suelos alcalinos.

De forma general, la aplicación de aminoácidos afectó significativamente ( $p < 0.05$ ) el crecimiento de plántulas de soja en suelo de tendencia salina (Figuras 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8). Se aprecia que para todas las variables de crecimiento analizadas (masa seca aérea, radical, planta y área foliar), los tratamientos con aminoácidos fueron estadísticamente similares entre sí, independientemente del tipo de aminoácido utilizado y de la aplicación de enmienda al suelo, lo cual indica que los aminoácidos ejercen un efecto sobre el crecimiento de la planta. Lo anterior se puede evidenciar, debido a que en todas las variables de crecimiento analizadas, el tratamiento control que no recibió aplicación de enmienda ni aminoácidos, alcanzó el menor promedio de crecimiento (Figuras 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8).

## **1.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE VARIABLES RESPUESTAS DEL EXPERIMENTO 2**

### **1.7.1. MASA SECA AÉREA**

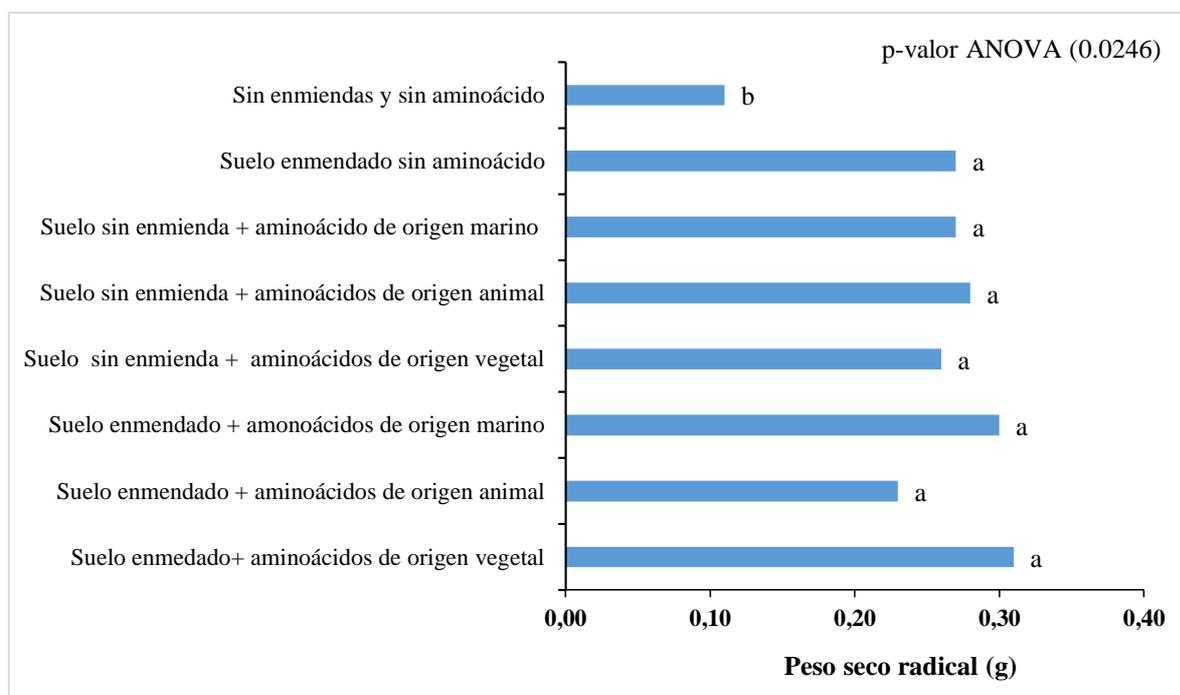
El mayor crecimiento en masa seca aérea lo alcanzó el tratamiento que recibió aplicación de enmienda + aminoácidos de origen vegetal, con un incremento del 68.4%, con relación al tratamiento control (Figura 4.5).



**Figura 4.5.** Efecto de enmiendas y aminoácidos sobre la masa seca aérea de plantas de soya, en suelo de tendencia salina.

### 1.7.2. MASA SECA RADICAL

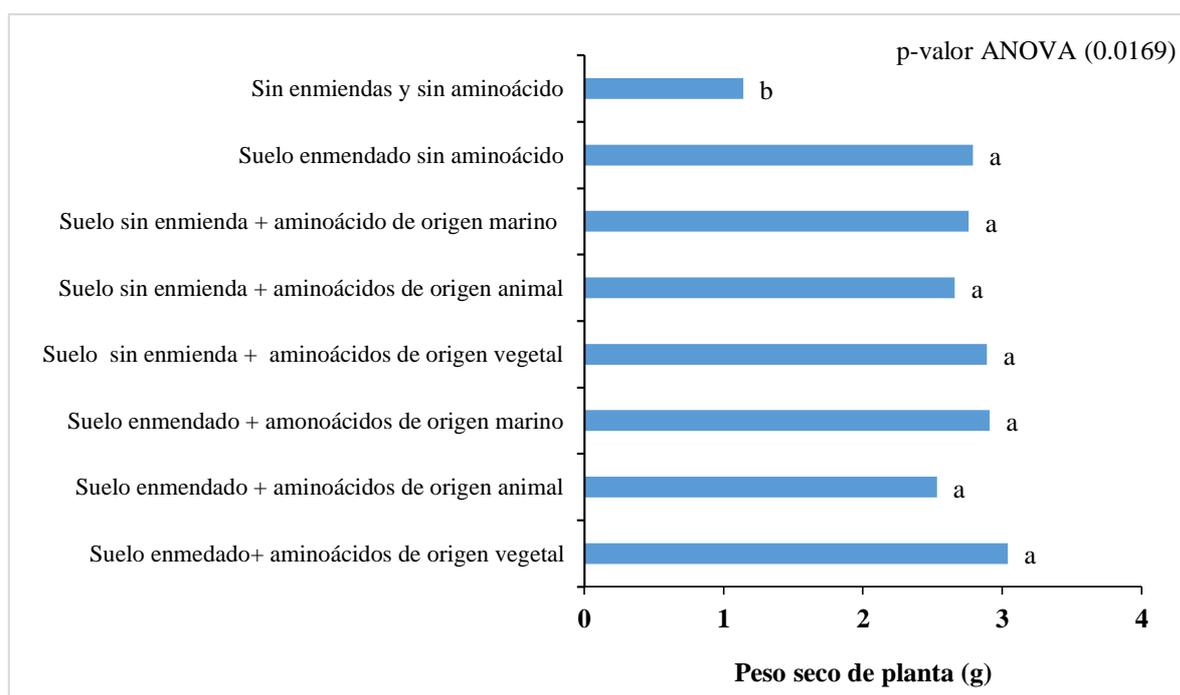
El mayor crecimiento en masa seca radical lo alcanzó el tratamiento que recibió aplicación de enmienda + aminoácidos de origen vegetal, con un incremento del 64.52%, con relación al tratamiento control (Figura 4.6).



**Figura 4.6.** Efecto de enmiendas y aminoácidos sobre la masa seca radical de plantas de soya, en suelo de tendencia salina.

### 1.7.3. MASA SECA TOTAL

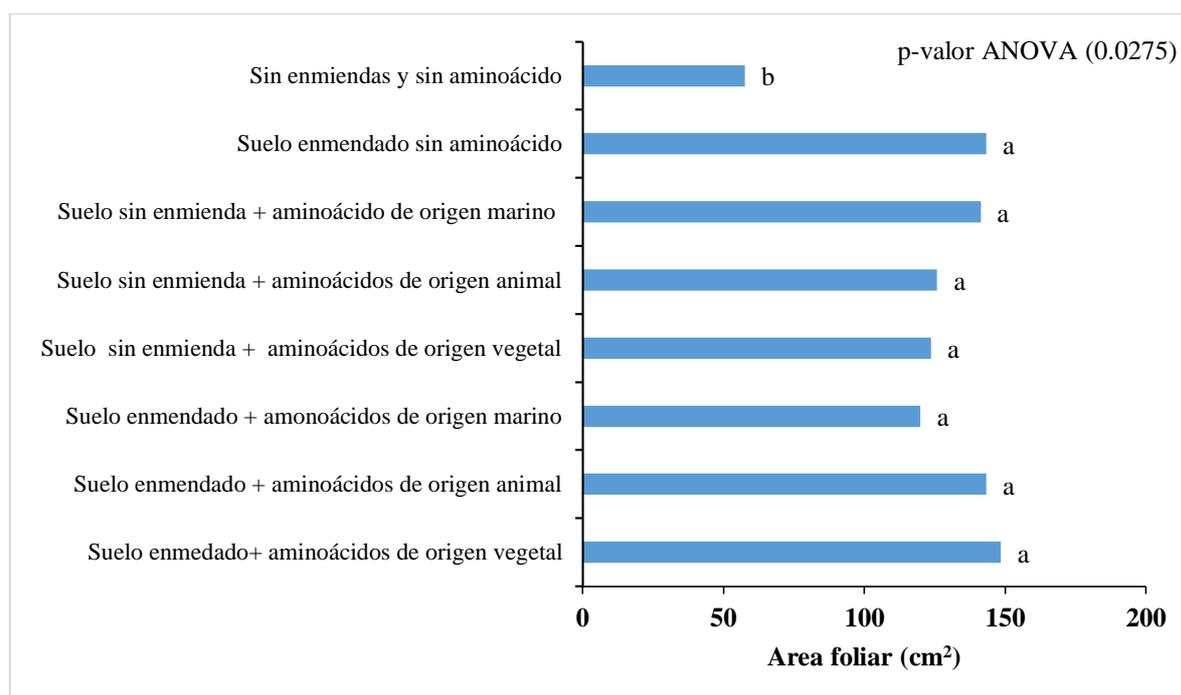
El mayor crecimiento de masa seca total de planta lo alcanzó el tratamiento que recibió aplicación de enmienda + aminoácidos de origen vegetal, con un incremento del 66.47%, con relación al tratamiento control (Figura 4.7).



**Figura 4.7.** Efecto de enmiendas y aminoácidos sobre la masa seca total de plantas de soya, en suelo de tendencia salina.

#### 1.7.4. ÁREA FOLIAR

El mayor crecimiento en área foliar lo alcanzó el tratamiento que recibió aplicación de enmienda + aminoácidos de origen vegetal, con un incremento del 61.27%, con relación al tratamiento control (Figura 4.8).



**Figura 4.8.** Efecto de enmiendas y aminoácidos sobre el área foliar de plantas de soya, en suelo de tendencia salina.

### 1.8. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 2

En cuanto al efecto de aminoácidos sobre el crecimiento de plántulas de soya en suelo de tendencia salina, son cercanos a los obtenidos por Sadak et al. (2015) quienes reportaron que la aplicación foliar de aminoácidos incrementó los parámetros de crecimiento de plántulas de haba irrigadas con agua de mar. Resultados semejantes fueron reportados por Osman y Salim (2016), que reportaron mayor crecimiento de plántulas de frejol tratadas con ácido salicílico (SA), espermidina (Spd) y glicina betaína (GB) bajo condiciones de salinidad. En este mismo contexto, Farhangi y Ghassemi (2016) concluyeron que la aplicación foliar de ácido salicílico (SA) mejoró la cantidad y calidad de proteína en soya bajo diferentes niveles de salinidad. Por otro lado, resultados obtenidos por Sadak et al. (2020) evidenciaron que tratamientos con cisteína mejoraron el crecimiento y el rendimiento de la planta de soya regada con agua salina.

# **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

- Las dosis bajas yeso agrícola y compost pueden ser efectivas para mejorar el crecimiento de plántulas de soya en suelo de tendencia salina.
- En suelos de tendencia salina el uso de aminoácidos de origen vegetal en combinación con yeso agrícola y compost, mejora el crecimiento general de plántulas de soya.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Replicar los resultados más relevantes logrados a nivel de maceta, bajo condiciones de campo.
- Evaluar el efecto del yeso agrícola, compost y aminoácidos sobre parámetros físico-químico de suelos de dicados al cultivo de soya que presentan problemas de salinidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, G., Castellano, M. (2009). Manual de Fertilizantes y Enmiendas. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 57.
- Atwa, A. and Abo, R. (2014). Effect of some soil amendments and compost on some soybean varieties productivity and soil properties under salt affected soils. J. Soil Sci. and Agric. Eng, 5 (6), 831-845.
- Bonnet, J. (1960) Edafología de los suelos salinos y sódicos. Estación experimental agrícola, San Juan, Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico
- Castellanos, J. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Segunda edición. Intagri, S.C. Guanajuato, México. 226 p.
- Damián, M., Gonzales, F., Quiñones, P., y Terán, J. (2018). Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. Arnaldoa, 25, (1), 141-158.
- EAWAG (Swiss Federal Institute of Aquatic Sciences and Technologies). (2008). Use of Compost, un. Recuperado el 10 de junio de 2022. <https://sswm.info/sswm-university-course/module-3-ecological-sanitation-and-natural-systems-wastewater-treatment-1/use-of-compost>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2009. Antecedentes de la soya en el Ecuador. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/119101737/LA-SOYA>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2013. Manual de Compostaje del Agricultor. Disponible en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Manual%20del%20COMPOST%20FAO.pdf>
- Farhangi, S; and Ghassemi, K. (2016). Improving amino acid composition of soybean under salt stress by salicylic acid and jasmonic acid. Journal of Applied Botany and Food Quality, 89, 243-248.
- Ferdous, J; Mannan, M; Haque, M; Alam, M; and Talukder, S. (2018). Mitigation of salinity stress in soybean using organic amendments. Bangladesh Agron, 21 (1), 39-50.
- Gallardo, N. (1998). Efecto de la aplicación de bioestimulantes en floración de palto (*Persea americana*) Mill. cv. Hass sobre la cuaja y retención de frutos. Universidad Católica de Valparaíso Chile Disponible en: <http://www.fichier-pdf.fr/2012/05/23/biostavocatier/biost-avocatier.pdf>
- GAT fertilíquidos. (2014). Salinidad en cultivos agrícolas. España: Garfertilíquidos.

- Girón, Y., Oleschko, K., Jean, P., Hernández, M., Camarillo, E., y Velázquez, J. (2009). Análisis fractal de la reflectancia de los suelos salinos. *Agrociencia*, 43, (4), 3-416.
- Goykovic, C., y Saavedra, R. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA*, 25, (3), 47-58.
- Hernández, Y., y Soto, N. (2014). Salinidad en la soya (*Glycine max* (L.) Merrill) y avances en el estudio de los mecanismos de tolerancia. *Cultivos Tropicales*, 35, (2), 60-71.
- Hernández, Y; Soto, N; Florido, M; Delgado, C; Ortiz, R; Obregón, E. (2015). Evaluación de la tolerancia a la salinidad bajo condiciones controladas de nueve cultivares cubanos de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) *Cultivos Tropicales*, 36, (4), 120-125.
- Hirzel, J; Salazar, F. (2011). Uso de enmiendas orgánicas como fuente de fertilización en cultivos. Técnicas de conservación de suelos, agua y vegetación en territorio degradados. 1-30.
- Ibáñez, J. (4 de enero 2008). Tipos de suelos salinos (mensaje en un blog). Recuperado de [https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/01/04/81822#:~:text=Seg%C3%BAAn%20la%20clasificaci%C3%B3n%20de%20suelos,PSI\)%20sea%20mayor%20de%2015](https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/01/04/81822#:~:text=Seg%C3%BAAn%20la%20clasificaci%C3%B3n%20de%20suelos,PSI)%20sea%20mayor%20de%2015)
- IPNI (International Plant Nutrition Institute). (2010). Fuentes de Nutrientes Específicos. Recuperado el 10 de junio de 2022: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Yeso%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Yeso%20(1).pdf)
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSO. INEC. 2000. Encuesta de la Superficie y Producción Agropecuaria. Disponibles en: <http://es.scribd.com/doc/119101737/LA-SOYA>
- INTAGRI (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura). (2015). La Salinidad de los Suelos, un Problema que Amenaza su Fertilidad. Recuperado el 12 de diciembre de 2018, de Salinidad: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/salinidad-de-suelos-problema-defertilidad>
- Lamz, A., Gonzales, M. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*, 34, (4), 31-42.
- Leidi, E., y Pardo, J. (2002). Tolerancia de los cultivos al estrés salino: qué hay de nuevo. *Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 2 (2), 70-91.
- Liu, D; Feng, Z; Zhu, H; Yang, L; Yu, S; Zhang, Y; and Gua, W. (2020). Effect of gypsum and cow manure on yield, proline content, and K/Na ratio of soybean genotypes under saline conditions. *BioResources*, 15 (1), 1463-1481.

- Litalien, A. and Zeeb, B. (2020). Curing the earth: A review of anthropogenic soil salinization and plantbased strategies for sustainable mitigation. *Science of the Total Environment* 698 (2020) 134235
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca). (2014). Zonificación agroecológica económica del cultivo de soya (*Glycine max*) en el Ecuador continental a escala 1:250 000
- Madueño, A; García, D; Martínez, J; y Rubio, C. (2006). Germinación y desarrollo de plántulas de frijolillo *Rhynchosia minima* (L) DC en condiciones de Salinidad. *Terra Latinoamericana*, 24 (1), 47-54.
- Masache, M; & Morocho, S. (2011). Impacto de la variación de los precios comerciales y los costos de los insumos para la producción de pollo en la provincia de El Oro. Tesis de Grado de la Universidad Técnica de Machala, Machala.
- Montano, R.; Zuaznábar, R.; García, A.; Viñals, M.; y Villar, J. (2007). FitoMas-E. Bionutriente derivado de la Industria Azucarera. *ICIDCA*, 41 (3) ,14-20.
- Osman, H; and Salim, B. (2016). Influence of exogenous application of some phytoprotectants on growth, yield and pod quality of snap bean under NaCl salinity. *Annals of Agricultural Science*, 61 (1), 1-13.
- Pernús, M; y Sánchez, J. (2015). Salinidad en Cuba y tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de semillas. *Pastos y forraje*, 38, (4), 379-392
- Pool-Novelo, L; Trinidad-Santos, A; Etchevers, J; Pérez, J; y Martínez, A. (2000). Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de Los Altos de Chiapas, México. *Agrociencia* 34, (3), 251-259
- Ruiz, E., Aldaco, R.; Montemayor, J; Fortis, M; Olague, J; y Villagómez, J. (2007). Aprovechamiento y mejoramiento de un suelo salino mediante el cultivo de pastos forrajeros. *Técnica Pecuaria*, 45, (1), 19-24
- SAGARPA, SEMARNAT, 2010. Salinidad del Suelo. Gobierno Federal, SAGARPA, SEMARNAT. México.
- Sadak, M; Abd El-Hameid, A; Zaki, F; Dawood, M; and El-Awadi, M. (2020). Physiological and biochemical responses of soybean (*Glycine max* L.) to cysteine application under sea salt stress. *Bulletin of the National Research Centre*, 44 (1), 8-10.
- Sadak, M; Abdelhamid, M; and Schimidhalter, U. (2015). Effect of Foliar Application of Aminoacids on Plant Yield and Some Physiological Parameters In Bean Plants Irrigated With Seawater. *Acta biol. Colomb.* 2015, 20(1), 141-152.
- Tozzi, F., Mariani , A., Vallone, R., y Morabito, J.(2016). Evolución de la salinidad de los suelos regadíos del río Tunuyán Inferior (Mendoza - Argentina). *Facultad Ciencias Agrarias* ,49 (1), 79-93

- Valencia, R., Ligarreto, G. (2010). Mejoramiento genético de la soya (*Glycine max* [L.] Merrill) para su cultivo en la altillanura colombiana: una visión conceptual prospectiva; *Agronomía Colombiana*, 38, (2), 155-163
- Vergara, N. (2016). El cultivo de soya y su importancia para el Ecuador. *INNOVA Research Journal* 1 (12), 77-85
- Vergara, N., Vizueta, V., Mata, D., y San Andrés, P. (2016). El cultivo de soya y su importancia para el Ecuador. *INNOVA Research Journal* , 1(12) , 77-85
- Vertolin, D., de Sá, M., Arfl, O., Furlani, J., de Souza, A., y de Carvalho, F. (2010). Bioestimulante, efeito nos componentes do rendimento no feijão de soja sob o esforço hídrico. *EMBRAPA*. 69, (2)
- Villa, M., Valencia, C., Ernesto, A., Ibarra, I., Marco, A., y April L. Ulery. (2006). Absorción y translocación de sodio y cloro en plantas de chile fertilizadas con nitrógeno crecidas con estrés salino. *Fitotecnia Mexicana*, 29, (1), 79-88
- Viñals, M; García, A; Montano, R.; Villar, J; García, T; Ramil, M. (2011). Estimulante de crecimiento agrícola FITOMAS ®; resultados de producción del año 2010 y su impacto en cultivos seleccionados de alimentos *ICIDCA*, 45, (3), 1-23
- Yamika, W; Aini, N; Setiawan, A; and Purwaningrahayu, R. (2018). Effect of gypsum and cow manure on yield, proline content, and K/Na ratio of soybean genotypes under saline conditions. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 5 (2), 1047-1053

## **ANEXOS**

## ANEXO 1



EXTRACCIÓN DELSUELO



SECADO Y DESMENUZADO



PESADO LOS 2kg DE SUELO



LLENADO DE LOS CONTENEDORES



PESADO DEL COMPOST



PESADO DEL YESO AGRÍCOLA

## ANEXO 2



MEZCLADO EL CP Y YA



ROTULADO DE CONTENEDORES



LLENADO DE LA MUESTRA

### ANEXO 3



### UBICACIÓN RESPECTIVA DE LA MUESTRA



ESTABLECIMIENTO DE LA MUESTRA



ROTULADO DE TRATAMIENTOS



ROTULADO



ROTULADO

## ANEXO 4



SIEMBRA



APLICACIÓN DE ABONO COMPLETO



AVANCES DEL CULTIVO

## ANEXO 5



MUESTRA N LAEBORATIO



SEPARACIÓN DE LA MUESTRAS



CUADRANTE



MUESTRAS EN SU RESPECTIVA FUNDA, PARA SER LLEVADA A ESTUFA



TOMA DE DATOS DE LAS MUESTRAS EN PESO SECO