



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA 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 ENMIENDA Y AMINOÁCIDOS SOBRE EL  
CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE PLÁNTULAS DE FREJOL  
CAUPÍ (*Vigna unguiculata*) EN SUELO DE TENDENCIA SALINA.**

**AUTORAS:**

**ALICIA MERCEDES FALCONES PÁRRAGA  
MARÍA BEATRÍZ SALVATIERRA SOLÓRZANO**

**TUTOR:**

**ING. GALO CEDEÑO, M. Sc.**

**CALCETA, JULIO DE 2022**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

**ALICIA MERCEDES FALCONES PÁRRAGA**, con cédula de ciudadanía 1315126746 y **MARÍA BEATRÍZ SALVATIERRA SOLÓRZANO**, con cédula de ciudadanía 1316394947, declaramos bajo juramento que el Trabajo de integración curricular titulado: **EFICACIA DE ENMIENDA Y AMINOÁCIDOS SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE PLÁNTULAS DE FREJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*) EN SUELO DE TENDENCIA SALINA** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

*Alicia Falcones*

ALICIA M. FALCONES PÁRRAGA

cc: 1315126746

*María Beatriz Solórzano*

MARÍA B. SALVATIERRA SOLÓRZANO

cc: 1316394947

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

**ALICIA MERCEDES FALCONES PÁRRAGA**, con cédula de ciudadanía 1315126746 Y **MARÍA BEATRÍZ SALVATIERRA SOLÓRZANO**, con cédula de ciudadanía 1316394947, 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 ENMIENDA Y AMINOÁCIDOS SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE PLÁNTULAS DE FREJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*) EN SUELO DE TENDENCIA SALINA**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

*Alicia Falcones*

ALICIA M. FALCONES PÁRRAGA

cc: 1315126746

*María Beatriz Solórzano*

MARÍA B. SALVATIERRA SOLÓRZANO

cc: 1316394947

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**ING. GALO ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA M. Sc.** certifico haber tutelado el trabajo de titulación **EFICACIA DE ENMIENDA Y AMINOÁCIDOS SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE PLÁNTULAS DE FREJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*) EN SUELO DE TENDENCIA SALINA**, que ha sido desarrollado por **ALICIA MERCEDES FALCONES PÁRRAGA** y **MARÍA BEATRÍZ SALVATIERRA SOLÓRZANO** previo a la obtención del título de Ingeniera Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....

**ING. GALO A. CEDEÑO GARCÍA, M. Sc.**  
**CC: 1311956831**

**TUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** el trabajo de **EFICACIA DE ENMIENDA Y AMINOÁCIDOS SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE PLÁNTULAS DE FREJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*) EN SUELO DE TENDENCIA SALINA**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....  
**ING. LENÍN VERA MONTENEGRO, PhD**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

.....  
**ING. JOSÉ LIZARDO REYNA BOWEN, PhD**      **ING. FROWEN CEDEÑO SACÓN, M. Sc.**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**                              **MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito en mi meta propuesta.

A mis padres Orlando Dolores Falcones Solórzano y Mariana Magdalena Párraga Valdez por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

A mi hermano Steven Falcones, mil gracias por apoyarme y aconsejarme. Gracias por su respaldo y muestras de cariño impulsándome día a día para salir adelante.

Gracias a mi pareja por ser parte motivadora e inspiradora en mi vida, gracias porque en todo instante fue un acompañamiento incondicional, por brindarme su apoyo antes y durante la realización de este trabajo investigativo.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, gracias por haberme permitido formarme en ella, después de tantos años de sacrificio esfuerzo y dedicación.

Mis agradecimientos sinceros a mi tutor el Ing. Galo Alexander Cedeño García, por impartir sus conocimientos y brindar su apoyo durante el periodo de investigación en calidad de tutor.

A la Ing. Geoconda López, por ser esa guía en todo el proceso del trabajo investigativo.

A la Lic. Katty Ormaza Cedeño por ese apoyo incondicional en el laboratorio para la realización de la investigación.

A Lorena Bravo y Beatriz Salvatierra, más que mis amigas las considero mis hermanas, quiero agradecerles por haberme acompañado siempre en este duro camino, y estar siempre dispuesta a ayudarme, aconsejarme y animarme con sus palabras de cariño y aliento cuando quería desmayar en los momentos de dificultad.

A mi amiga de tesis que junto a ella pudimos sacar adelante este excelente trabajo investigativo.

A mis compañeros y compañeras, con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas. A los que se convirtieron en amigos para la vida y aquellos que serán mis colegas, gracias por todo el apoyo y los momentos vividos.

**ALICIA M. FALCONES PÁRRAGA**

## AGRADECIMIENTO

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en este largo proceso, sin embargo, merecen reconocimiento especial:

Agradezco infinitamente a Dios por mantenerme con salud y vida, y haberme dado las fuerzas necesarias para no rendirme en este largo camino y obtener uno de los anhelos más deseados, culminar mi carrera profesional.

A mis padres Luis Salvatierra y María Solórzano, por ser los principales promotores de mis sueños, gracias por su apoyo incondicional, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A mi tía Nancy Solórzano, a quien quiero como a una madre gracias por permanecer conmigo en todo momento y brindarme todo su apoyo.

A mi hermano Diego Salvatierra, por estar siempre presente, por el apoyo moral que me brindó a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mí querido esposo Mario Bustamante, que con su esfuerzo y dedicación me ayudó a culminar mi carrera universitaria gracias por haberme brindado su confianza y apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

A mi amado hijo Luis Mario, gracias a ti mi príncipe por ser mi fuente de inspiración, por ti nunca me di por vencida y logré culminar este gran sueño.

A mis tíos, Rosendo y Rigoberto Solórzano, por ser parte de mi familia y mi vida, gracias por todo su apoyo y cariño hacia mi persona.

A mi abuelita, Teresa Vera, gracias por sus consejos, por el amor que me ha dado y por todo su apoyo incondicional en mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años.

A todos mis docentes, gracias a cada uno de ustedes por sus grandes enseñanzas, gracias por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

A mi tutor Ing. Galo Cedeño, por el tiempo dedicado y los conocimientos brindados a lo largo de mi carrera universitaria.

A la Ing. Geoconda López por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional.

A la Lic. Katty Ormaza Cedeño por toda su muestra de apoyo y por ser la guía principal en los trabajos de laboratorio.

A mi Amiga, Hermana y Comadre no puedo dejar de agradecerte especialmente a ti Alicia, mi compañera fiel de universidad, de tesis y ahora de corazón y vida, gracias por todo tu apoyo incondicional.

A Lorena Bravo, una verdadera amiga que siempre ha estado hay apoyándome y brindándome palabras de aliento para que no me rindiera en ningún momento.

A mis compañeros de clases, con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas, gracias por todo su apoyo y diversión.

**MARÍA B. SALVATIERRA SOLÓRZANO**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la vida y estar siempre conmigo, guiándome en mi camino. A mis Padres, por el esfuerzo y las metas alcanzadas, refleja la dedicación y el amor que invierten sus padres en sus hijos. Gracias a mis padres soy quien soy, orgullosamente y con la cara muy en alto agradezco a Orlando Falcones y Mariana Párrala, mi mayor inspiración, gracias a ellos he concluido con mi mayor meta.

A mi pareja, esa persona que estuvo apoyándome en cada decisión que tomara, esa persona que tuvo paciencia y entrega para conmigo, a esa persona le dedico y agradezco, porque gracias a ti hoy puedo con alegría presentar y disfrutar este gran logro.

A mi hermano, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento.

Gracias a toda mi familia porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañaron en lograr mi sueño universitario.

Tu cariño, tu amor, y tus grandes manifestaciones de afecto, son una gran bendición de Dios que me hacen sentir muy afortunada de tenerte conmigo, por ser la persona más pequeñita de la familia, cada uno de mis logros van dedicados para ti mi linda y amada sobrina.

**ALICIA M. FALCONES PÁRRAGA**

## DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mi amado hijo Luis Mario por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y lograr este gran sueño, posiblemente no entiendas mis palabras, pero para cuando seas capaz, quiero que te des cuenta que lo eres todo para mí, siempre serás mi principal motivación.

A mi querido esposo Mario Bustamante, su ayuda y apoyo ha sido fundamental, has estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos, este logro no fue fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían.

A mis queridos padres, Luis Salvatierra y María Solórzano, por haberme dado su apoyo incondicional durante todos estos años y por ser esa razón el más grande aliciente para el cumplimiento de mis objetivos que significan alegría y orgullo para mí y también para ellos.

A mi querida tía Nancy Solórzano quien es mi segunda madre, por consentirme y cuidarme y por el apoyo incondicional que me brindó durante todos estos años.

A mi hermano por apoyarme en este duro camino, por apoyarme desde el principio hasta el fin y sobre todo por darme tanto amor.

**MARÍA B. SALVATIERRA SOLÓRZANO**

## CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	III
CERTIFICACIÓN DE TUTOR .....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VIII
DEDICATORIA.....	X
DEDICATORIA.....	XI
CONTENIDO GENERAL .....	XII
ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS.....	XV
ABSTRACT .....	XVIII
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. IMPORTANCIA DEL FREJOL CAUPÍ A NIVEL GLOBAL, REGIONAL Y NACIONAL.....	4
2.2. PRINCIPALES PROVINCIAS PRODUCTORAS DEL FREJOL CAUPÍ	5
2.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SUELOS SALINOS.....	5
2.3.1. PRINCIPALES PROVINCIAS PRODUCTORAS DEL FREJOL CAUPÍ.....	5
2.3.2. SUPERFICIE DE SALINIDAD EN MUNDO .....	6
2.3.3. PROBLEMAS DE SALINIDAD QUE ACARREA .....	6
2.3.4. PROBLEMAS DE SALINIDAD .....	7
2.4. CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL FREJOL CAUPÍ EN SUELO SALINOS.....	7
2.4.1. COMO SE COMPORTA FREJOL CAUPÍ EN SUELOS SALINOS.	8
2.4.2. VARIEDADES DE FREJOL CAUPÍ TOLERANTES A SUELOS SALINOS .....	9
2.4.3. VARIEDAD INIAP 463 .....	9
2.4.4. VARIEDAD INIAP 473 – BOLICHE .....	10

2.4.5. VARIEDAD INIAP 474 – DORALISA .....	10
2.5. USO DE ENMIENDAS EN SUELOS SALINOS.....	11
2.5.1. CÁLCULO DE LA DOSIS PARA SUELOS SÓDICOS .....	12
2.5.2. PRÁCTICAS ADICIONALES DE MANEJO DE LOS SUELOS SALINOS .....	13
2.5.3. EFECTO DEL YESO EN TRATAMIENTO DE SUELOS SALINOS 15	
2.5.4. EFECTO DE LOS SUELOS SALINOS EN LAS PLANTAS.....	15
2.5.5. LA SALINIDAD UNA AMENAZA PARA LOS SUELOS AGRÍCOLAS .....	16
2.6. USO DE BIOESTIMULANTES EN EL CULTIVO DE FREJOL CAUPÍ	17
2.6.1. AMINOFISH .....	18
2.6.2. ILSADRIP FORTE .....	18
2.6.3. AMINOCAT .....	19
CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO .....	21
3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	21
3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS.....	21
3.3. MATERIAL VEGETAL.....	22
3.4. ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO.....	22
3.4.1. EXPERIMENTO 1.....	22
3.5. FACTORES EN ESTUDIO.....	22
3.6. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL.....	23
3.6.1 MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	24
3.6.2 EXPERIMENTO 2.....	25
3.6.3. TRATAMIENTOS.....	25
3.7. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL.....	25
3.8. VARIABLES RESPUESTA.....	26
3.9. ANÁLISIS DE DATOS.....	27
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE VARIABLES RESPUESTA DEL EXPERIMENTO 1.....	28
4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE VARIABLES RESPUESTA DEL EXPERIMENTO 2.....	35
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	37
4.3. CONCLUSIONES.....	37
4.4. RECOMENDACIONES.....	37

BIBLIOGRAFÍA ..... 38

## ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

### TABLAS:

<b>Tabla 1:</b> Requerimientos de yeso agrícola a aplicar al suelo con el nivel de sodio intercambiable, para reducir el PSI al 5%.....	<b>13</b>
<b>Tabla 2:</b> Principales características agronómicas del frejol caupí INIAP-463.....	<b>22</b>
<b>Tabla3:</b> Esquema de ANOVA experimento1.....	<b>23</b>
<b>Tabla 4:</b> Valores de pH, CE, PSI y RAS en suelo experimental.....	<b>24</b>
<b>Tabla 5:</b> Clasificación de suelos salinos, sódicos y sódicos-salinos (SAGARPA –SEMARNAT,2010) .....	<b>24</b>
<b>Tabla 6:</b> Esquema de ANOVA experimento 2.....	<b>26</b>
<b>Tabla 7:</b> Significancia estadística de variables de crecimiento y componentes de rendimiento del frejol, bajo la influencia de varios niveles de compost y yeso agrícola en suelo de tendencia salina.....	<b>28</b>
<b>Tabla 8:</b> Efecto de enmiendas y aminoácidos sobre el crecimiento del frejol en suelo de tendencia salina.....	<b>35</b>
<b>Tabla 9:</b> Efecto de enmiendas y aminoácidos sobre componentes de rendimiento del frejol en suelo de tendencia salina.....	<b>36</b>
<b>GRÁFICOS</b>	
<b>Figura 1.</b> Mapa de la localización del ensayo.....	<b>21</b>
<b>Figura 2.</b> Efecto de niveles de yeso agrícola sobre el peso seco de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina.....	<b>29</b>
<b>Figura 3.</b> Efecto de niveles de compost sobre el peso seco de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina.....	<b>30</b>
<b>Figura 4.</b> Efecto combinado de yeso y compost sobre el peso seco de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina.....	<b>31</b>
<b>Figura 5.</b> Efecto combinado de yeso y compost sobre el peso seco radical de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina.....	<b>31</b>

**Figura 6.** Efecto combinado de yeso y compost sobre el área foliar de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina.....**32**

**Figura 7.** Efecto combinado de yeso y compost sobre vainas por plantas de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina .....**33**

**Figura 8.** Efecto combinado de yeso y compost sobre granos por plantas de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina.....**33**

**Figura 9.** Efecto combinado de yeso y compost sobre peso de granos por plantas de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina.....**34**

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la eficacia de enmiendas y aminoácidos sobre el crecimiento y rendimiento de plántulas de frejol caupí (*Vigna unguiculata*) 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 el peso seco de plantas y el rendimiento de granos por planta. Los datos obtenidos fueron analizados a través del ANOVA, contrastes 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 los efectos simples de YA y CP. 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 y rendimiento de plántulas de frejol caupí en suelo de tendencia salina. El segundo experimento si se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos, donde los aminoácidos independientemente de su origen, contribuyeron a mejorar el crecimiento y rendimiento del frejol caupí.

**Palabras claves:** *Vigna unguiculata*, salinidad del suelo, yeso agrícola, compost, crecimiento, productividad, recuperación de suelos

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the efficacy of amendments and amino acids on the growth and yield of cowpea bean (*Vigna unguiculata*) seedlings 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 gypsum - GY (14, 28 and 42 g per pot) and three doses of compost - CP (14, 28 and 42 g per pot) were evaluated. In the second trial, three sources of amino acids (vegetable, marine and animal origin) were evaluated. As an amendment, the best combination of GY + CP obtained in the first experiment was used. In both experiments, the dry weight of plants and grain yield per plant 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 GY x CP interaction, nor for the simple effects of YA and CP. 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 and yield of cowpea bean seedlings in saline-prone soil. The second experiment did find significant differences ( $p < 0.05$ ) between treatments, where the amino acids, regardless of their origin, contributed to improving the growth and yield of the cowpea bean.

**Keywords:** *Vigna unguiculata*, soil salinity, agricultural gypsum, compost, growth, productivity, soil recovery

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los problemas más graves de degradación de suelos a los que se enfrenta la agricultura mundial, es la salinidad de los mismos (Mesa, 2003). Actualmente más de 74% de los suelos dedicados a la agricultura a nivel mundial presenta problemas de salinidad (Argentel et al., 2017). 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, 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 (Álava y Haz, 2017).

Asimismo, la salinidad afecta principalmente al metabolismo, reduciendo su crecimiento y productividad por efecto de potenciales hídricos reducidos, toxicidad iónica y desbalance nutrimental de la planta de frejol, (López et al., 2018).

El frejol es sensible a la salinidad, ya que puede reducir su rendimiento hasta en un 50%, cuando se presenta una conductividad eléctrica (CE) del suelo, mayor o igual a 2 dS/m, equivalente a 20mM NaCl. Una elevada concentración salina del suelo o el sustrato afecta también, considerablemente, la tasa de germinación, debido a la disminución del potencial hídrico, con lo que se reduce la disponibilidad de agua, necesaria para imbibición que requiere las semillas para germinar (Quintana et al., 2016),

¿La aplicación de enmiendas y aminoácidos podría mejorar el desarrollo y producción del cultivo de frejol en suelos con tendencia salinas?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La problemática de la salinización del suelo en las zonas de producción agrícola, requiere tomar precauciones en el manejo de labores para reducir la aceleración de la salinidad de suelos. Existen diversos cultivos que se pueden adaptar a estos cambios a la gran diversidad de suelos, tolerar la acidez (pH 5.5.a 6.6.) pero no la alcalinidad ni la salinidad ni suelos con mal drenaje. Un cultivo que prospera bien en suelos ligeros, bien drenados, profundos, de fertilidad media a alta es el frejol.

El frejol ocupa el octavo lugar entre las leguminosas sembradas en el mundo, es la leguminosa alimenticia más importante para cerca de 300 millones de personas (Velásquez y Giraldo, 2005), siendo un producto que se consume en nuestro país, debido a sus propiedades nutritivas; además tiene una gran importancia económica, pues genera ingresos a los pequeños productores. El Ecuador produce 39,725 t, es decir, el 0.2% de la producción mundial, siendo cultivado ampliamente en diversas provincias de la costa ecuatoriana, en Manabí cubre una superficie de 2 242 ha, de estas 1 427, se utilizan como grano tierno, mientras que 815 ha como grano seco (INEC y MAGAP, 2000).

La presente investigación brindara información a los productores agrícolas, y así mismo reducir la aceleración de la inseguridad alimentaria que se presenta a nivel mundial. Además, cabe indicar que esta investigación encaja con el objetivo de la agenda 2030 de desarrollo sostenible propuesto por la ONU, que es poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible, a meta 2.4 indica que de aquí a 2030 es 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 externos, 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 y rendimiento de plántulas de frejol caupí (*Vigna unguiculata*) en suelo de tendencia salina

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar el efecto del yeso agrícola y materia orgánica sobre el crecimiento y rendimiento de plántulas de frejol caupí (*Vigna unguiculata*) en suelo de tendencia salina.
- Cuantificar la eficacia de tres fuentes de aminoácidos sobre el crecimiento y rendimiento de plántulas de frejol caupí (*Vigna unguiculata*) en suelo de tendencia salina.

## **1.4. HIPÓTESIS**

El crecimiento y rendimiento de plántulas de frejol caupí (*Vigna unguiculata*) en suelo de tendencia salina es influenciado significativamente por las enmiendas y los aminoácidos probados

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. IMPORTANCIA DEL FREJOL CAUPÍ A NIVEL GLOBAL, REGIONAL Y NACIONAL.**

El frejol caupí (*Vigna unguiculata* (L)) es un cultivo importante en varias regiones del mundo, pero en México no es muy explotado. La caracterización de variedades agrícolas se ha basado en descriptores morfológicos, en los que se incluyen: forma, color y tamaño de semilla, además de atributos cuantitativos como el contenido mineral (Apáez, et al., 2016).

El cultivo de frejol en Ecuador es un componente de los sistemas de producción, principalmente en la Región Sierra, ya que son cultivados en asociación, intercalados, en monocultivo o en rotación con otros cultivos del sistema. La producción de esta leguminosa genera trabajo, empleo, alimento e ingresos económicos a pequeños, medianos y grandes agricultores, que tratan de satisfacer la demanda interna y externa y de la agroindustria artesanal o convencional (Morales, et al., 2019).

El frejol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Está adaptado a condiciones de altas temperaturas, resistente a plagas y enfermedades y es una de las leguminosas más tolerantes al estrés hídrico. Se cultiva principalmente en regiones tropicales y subtropicales del mundo, por lo que es una de las cinco leguminosas más importantes para consumo humano. Es una especie tolerante a la sequía, presenta buena capacidad de fijación de nitrógeno y se adapta a diferentes sistemas de cultivo, además es rico en proteínas y carbohidratos por lo que es un cultivo económicamente rentable para los pequeños agricultores (Apáez, y otros, 2016).

El frejol ocupa el octavo lugar entre las leguminosas sembradas en el mundo, es la leguminosa alimenticia más importante para cerca de 300 millones de personas, que en su mayoría viven en países en desarrollo, debido a que este cultivo conocido también como “la carne de los pobres”, es un alimento poco costoso para consumidores de bajos recursos. El frejol es especialmente importante en la alimentación de mujeres y niños; además, tiene gran

importancia económica, pues genera ingresos para millones de pequeños agricultores (Lazo, 2019).

## **2.2. PRINCIPALES PROVINCIAS PRODUCTORAS DEL FREJOL CAUPÍ**

En Ecuador los cultivos comerciales son afectados por las sales que causan la reducción del número de hojas, el crecimiento y rendimiento productivo de los cultivos (Proaño et al., 2011). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, menciona que las principales zonas de producción del Ecuador son las provincias de Manabí, Guayas y Santa Elena, de las cuales las más afectadas por salinización se encuentran en la provincia de Santa Elena y parte de la provincia del Guayas, además de otros sectores de la zona costera ecuatoriana (Clirsen, 2010). En Manabí el excesivo manejo agrícola, ha contribuido en gran manera a incrementar la salinización de los suelos; en éste sentido, no se conocen informes sobre este fenómeno, salvo las opiniones de agricultores, quienes manifiestan la imposibilidad de utilizar los 2 suelos que generaciones anteriores los cultivaron normalmente (PROGRESAM, 2005).

## **2.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SUELOS SALINOS**

La salinidad y sodicidad son condiciones 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 (Manzano et al., 2014).

La salinización del suelo actualmente es un problema que se agudiza en nuestro país al poner en riesgo la seguridad alimentaria, biodiversidad y la regulación de los ciclos hidrológicos y químicos (Martínez et al., 2018).

### **2.3.1. PRINCIPALES PROVINCIAS PRODUCTORAS DEL FREJOL CAUPÍ**

En Ecuador los cultivos comerciales son afectados por las sales que causan la reducción del número de hojas, el crecimiento y rendimiento productivo de los cultivos (Proaño et al., 2011). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, menciona que las principales zonas de producción del Ecuador son las provincias de Manabí, Guayas y Santa Elena, de las

cuales las más afectadas por salinización se encuentran en la provincia de Santa Elena y parte de la provincia del Guayas, además de otros sectores de la zona costera ecuatoriana (Clirsén, 2010). En Manabí el excesivo manejo agrícola, ha contribuido en gran manera a incrementar la salinización de los suelos; en éste sentido, no se conocen informes sobre este fenómeno, salvo las opiniones de agricultores, quienes manifiestan la imposibilidad de utilizar los 2 suelos que generaciones anteriores los cultivaron normalmente (PROGRESAM, 2005).

### **2.3.2. SUPERFICIE DE SALINIDAD EN MUNDO**

La salinidad es un problema 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. Éste es un factor limitante en la producción de alimentos pues los cultivos pierden su potencial de rendimiento en estas condiciones (Gaibor, 2019)

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (1994), menciona que las principales zonas de producción del Ecuador son las provincias de Manabí, Guayas y Santa Elena, de las cuales las más afectadas por salinización se encuentran en la provincia de Santa Elena y parte de la provincia del Guayas, además de otros sectores de la zona costera ecuatoriana. En Manabí el excesivo manejo agrícola, ha contribuido en gran manera a incrementar la salinización de los suelos (Robalino et al., 2017).

### **2.3.3. PROBLEMAS DE SALINIDAD QUE ACARREA**

El término salinidad se refiere a la presencia en el suelo de una elevada concentración de sales que perjudican a las plantas por su efecto tóxico y la disminución del potencial osmótico del suelo. La situación más frecuente de salinidad en los suelos es por NaCl pero los suelos salinos suelen presentar distintas combinaciones de sales, siendo comunes los cloruros y los sulfatos de Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> (10) (Lamz, 2013).

### **2.3.4. PROBLEMAS DE SALINIDAD**

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.

En general, las presencias de sales solubles pueden afectar de dos formas el crecimiento de las plantas:

- ✓ Efectos de toxicidad por iones específicos (por ejemplo, cloruros, sodio, boratos).
- ✓ Desbalances iónicos e interacciones en la absorción de nutrientes y disminución del potencial hídrico del suelo, restringiendo la absorción de agua por las raíces de las plantas (Tozzi et al; 2017).

### **2.4. CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL FREJOL CAUPÍ EN SUELO SALINOS**

La salinización de los suelos puede producirse de manera natural en las zonas áridas y semiáridas del planeta, caracterizadas por escasas precipitaciones y elevadas tasas de evaporación. Por otra parte, el uso de agua de riego con alto contenido de sales, prácticas inapropiadas de cultivos, el uso excesivo de químicos, entre las fundamentales, marcan al hombre como principal responsable de la salinización de muchas áreas agrícolas. Alrededor del 7 % de las tierras cultivables en el mundo están afectadas por sales y para los próximos años se estima su incremento en más de un 20 %, por lo cual se considera la salinidad uno de los problemas más importantes para la agricultura a nivel internacional (López et al., 2018).

En la actualidad, la productividad del frejol caupí se ha incrementado de 800 a 1200 kilos por hectárea con la incorporación de variedades más productivas y con la aplicación de nuevas tecnologías, se instalan entre 6 mil y 8 mil hectáreas, principalmente en los valles de la costa y zonas de la selva del Perú. El frejol caupí, frejol de palo, frejol común, se cultivan principalmente en la costa, donde se registran incrementos de producción en los últimos cinco años de 0.8 a 2 tn/ha. Sin embargo; la productividad promedio nacional se encuentra en 1.2 t/ha (López, 2012).

El frejol caupí, se desarrolla mejor en suelos de textura franca (arcilloso, arenoso y limoso). Suelos arcillosos tienden a la compactación y generan problemas de drenaje. Los suelos arenosos son muy pobres en nutrientes, los fertilizantes se pierden fácilmente y requieren de mayor cantidad de agua. Los suelos deben tener baja salinidad (menor de 1.5 mmhos. /cm.) Y un pH entre 6.0 a 7.5. Es recomendable realizar periódicamente un análisis completo de los suelos para mejorar las condiciones de manejo, sobre todo actualizar los programas de fertilización (López, 2012).

#### **2.4.1. COMO SE COMPORTA FREJOL CAUPÍ EN SUELOS SALINOS**

El efecto negativo de la salinidad en los suelos agrícolas que impacta en la estructura del suelo y en el crecimiento de la planta es el potencial osmótico. La producción de materia orgánica, la transpiración de las plantas y el rendimiento en la biomasa se reducen significativamente; aunque esto depende directamente de las especies de la planta y el manejo del riego. Otro aspecto negativo significativo es la evapotranspiración, la resistencia estomática y el potencial hídrico. La salinidad origina cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo, por tener baja biodiversidad, deficiencias de nutrientes y alta toxicidad. Presentan una considerable concentración de iones boro, carbonato y aluminio (Delgado et al., 2019).

Más de 800 millones de hectáreas alrededor del mundo están afectadas por sales y de las áreas cultivadas más del 4 % tienen esta problemática, por lo cual, la salinización de los suelos es uno de los retos más importantes a los cuales se enfrenta la agricultura a nivel internacional, la salinidad puede dañar directamente a los cultivos desde las primeras etapas del desarrollo hasta la culminación de su ciclo biológico, afectando sus rendimientos e incluso provocando la muerte en las especies más susceptibles. La salinidad también afecta la simbiosis rizo bioleguminosa. Se ha reportado que las poblaciones de rizobios del suelo disminuyen al igual que la capacidad de las plantas para formar nódulos, se afecta de manera directa el proceso de fijación simbiótica de nitrógeno por la disminución de la actividad de la enzima nitrogenasa y disminuyen los niveles de leghemoglobina en el interior de los nódulos formados, por solo citar algunos (Gómez et al., 2013).

Aunque el frejol caupí se ha reportado como de fácil adaptación a diferentes condiciones estresantes, la alta variabilidad genética que existe entre los cultivares de la especie hace que las manifestaciones de tolerancia entre estos sean diferentes, la mayoría de los reportes sobre estudios de tolerancia en esta leguminosa al estrés por sales, se han basado fundamentalmente en la evaluación de variables relacionadas con la germinación, acumulación de iones, rendimiento del cultivo, entre otros. Sin embargo, variables relacionadas con la fijación simbiótica de nitrógeno como la formación de nódulos, su masa seca y efectividad, así como acumulación de materia seca y contenido de nitrógeno en la biomasa, son pocas veces tomadas en cuenta (Gómez et al., 2013).

#### **2.4.2. VARIEDADES DE FREJOL CAUPÍ TOLERANTES A SUELOS SALINOS**

Burbano (2019), detalla las variedades de Frejol Caupí tolerantes a suelos salinos:

#### **2.4.3. VARIEDAD INIAP 463**

Esta variedad se origina de la selección genealógica de la línea C16- 006-2 conseguida del cruzamiento de la variedad “criollo” SCN 114 con el cultivar INIAP 461.

##### **2.3.3.1. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA VARIEDAD INIAP 463**

<b>INDICADOR</b>	<b>VALOR</b>
Tipo de crecimiento	Semi erecto
Color de hojas	Verde oscuro
Color de la flor	Blanco
Inicio de floración	42 - 45 días
Tipo de vainas	Gruesas, rectas
Longitud de vainas	20 - 24 cm
Granos por vaina	16 — 20
Color de grano seco	Blanco – crema
Peso 100 granos secos	15,4 g
Inicio de cosecha en verde	60 días
Inicio de cosecha en seco	70 días
Contenido de proteínas	22.84%
Rendimiento mazos de 20 vainas/ha	36000

Rendimiento grano seco kg/ha	1250– 1837
------------------------------	------------

#### 2.4.4. VARIEDAD INIAP 473 – BOLICHE

Se desarrolló a partir de la línea FIB-R-002 incorporada en el año 1997 desde el (CIAT) Centro Internacional de Agricultura tropical de Colombia, con la denominación AFR- 298.

##### 2.3.4.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA VARIEDAD INIAP 473– BOLICHE

INDICADOR	VALOR
Altura de planta (cm)	33 a 50
Color de flor	Rosado pastel
Color de grano seco	Rojo
Forma del grano	Arriñonado
Peso de 100 granos tiernos (g)	86 a 104
Peso de 100 semillas	48 a 57 g
Longitud del grano seco (cm)	1,4 a 1,8
Tamaño del grano seco	Grande
Días a floración	32 a 36
Días a la cosecha en verde	60 a 65
Días a cosecha en seco	80 a 90
Longitud de la vaina (cm)	10 a 11
Semillas por vainas	3 a 5
Vainas por plantas	7 a 11
Rendimiento en grano tierno	5542
Rendimiento en grano seco	2224

#### 2.4.5. VARIEDAD INIAP 474 – DORALISA

Este cultivar corresponde a la línea FIB-RM-003, que fue traída en el año 1997 desde Colombia, del (CIAT) Centro Internacional de Agricultura tropical con la 11 denominación AFR-722.

##### 2.3.5.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA VARIEDAD INIAP 474– DORALISA

INDICADOR	VALOR
Habito de crecimiento	Determinado tipo 1b.
Altura de planta (cm)	35 a 55
Color de flor	Blanca
Color de grano seco	Rojo moteado
Tamaño del grano seco	Grande
Forma del grano	Arriñonado

Días a floración	30 a 35
Largo de la vaina (cm)	10 a 11
Días a cosecha en tierno	60 a 70
Días a cosecha en seco	85 a 90
Número de vainas por planta	8 a 12
Número de granos por vaina	3 a 4
Peso de 100 granos tiernos (g)	78
Peso de 100 granos secos (g)	47 a 52
Rendimiento en grano tierno	3859
Rendimiento en grano seco	2226

## 2.5. USO DE ENMIENDAS EN SUELOS SALINOS

Las enmiendas son sustancias inorgánicas y orgánicas que se aplican en los suelos, con el principal objetivo de mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, además de contribuir a la fertilidad de este y así obtener mayores rendimientos en los cultivos. Es importante recalcar que el suelo no es recurso renovable el cual es necesario mantener su fertilidad para que pueda regenerarse, es ahí donde entra, la función de las enmiendas, estimulando a reacciones químicas en conjunto con la ayuda de la vida microbiana, aumentando o disminuyendo el pH para mejorar la disponibilidad de nutrientes, pero siempre y cuando sabiendo la cantidad necesaria, ya que pueden existir reacciones negativas con el mal uso llevando al suelo a la toxicidad.

Las enmiendas es una necesidad que el suelo requiere para estar activamente y así mantener viva la vida microbiana, los efectos favorables que postulan las enmiendas es la mantención de la humedad en el suelo y por lo tanto en las plantas, además de mantener en buen estado las raíces para su fijación, también equilibra la temperatura del suelo, se renueva la estructura desintoxicándolo y a la vez facilitando las labores de campo. Usca (2019), menciona lo siguiente:

**SULFATO DE CALCIO (YESO):** Es una sustancia mineral que contiene azufre y calcio que al aplicar al suelo mejora las condiciones físicas, aumentando la porosidad, la airosidad, la capacidad de campo y generación de nutrientes. Químicamente realiza reacciones que permiten que los elementos sean más sencillos de absorber disponiéndolos para la planta, así mismo en el entorno

biológico, activa los microorganismos como los hongos y bacterias para que así actúen en la meteorización de materia orgánica aumento la cantidad de nutrientes disponibles para el suelo, el sulfato de calcio o yeso agrícola se lo utiliza para corregir la salinidad y acidez de los suelos, ya que la solubilidad de este en agua es inmediata, además aporta nitrógeno y azufre permitiendo realizar correcciones en el pH y rendimiento.

**COMPOST:** El compost, (a veces también se le llama abono orgánico) es el producto que se obtiene del compostaje y constituye un "grado medio" de descomposición de la materia orgánica.

El compost es obtenido de manera natural por descomposición aeróbica (con oxígeno) de residuos orgánicos, como lo son los restos vegetales, animales y estiércoles, por medio de la reproducción masiva de bacterias que están presentes en forma natural en cualquier lugar (posteriormente, la fermentación la continúan otras especies de bacterias, hongos y actinomicetos). Normalmente se trata de evitar (en lo posible) la pudrición de los residuos orgánicos (por exceso de agua, que impide la aireación-oxigenación y crea condiciones biológicas anaeróbicas malolientes) (Arévalo & Castellano, 2009).

### **2.5.1. CÁLCULO DE LA DOSIS PARA SUELOS SÓDICOS**

Para el cálculo de la cantidad de yeso en un suelo sódico, se requiere tener como datos la cantidad de sodio intercambiable en me/100g o en cmol/kg, así como la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo. Para los suelos de textura fina o media, la meta es regresar el suelo a un porcentaje de sodio intercambiable menor que 5%.

**Tabla 1:** Requerimientos de yeso agrícola a aplicar al suelo con el nivel de sodio intercambiable, para reducir el PSI al 5%. (Castellanos, 2000).

## 2.5.2. PRÁCTICAS ADICIONALES DE MANEJO DE LOS SUELOS SALINOS

En un sistema de manejo integral las siguientes prácticas de manejo de los suelos contribuyen a minimizar o a corregir la acumulación de sales, la cual García (2018), explica a continuación.

**2.5.2.1 NIVELACIÓN:** Esta práctica juega un papel importante en el control de las sales. Una buena nivelación contribuye a una mejor distribución de la lámina de agua, a la disminución de las pérdidas y a eliminar la acumulación de sales en parches como resultado de la distribución irregular de las mismas.

**2.5.2.2 SUBSOLACIÓN O LABRANZA PROFUNDA:** Este es un término general que se usa para describir la ruptura, desmenuzamiento y mezclado de capas restrictivas del subsuelo que se encuentran debajo de la profundidad normal de cultivo. La rotura de cualquier estratificación horizontal del suelo mejora la velocidad de penetración hacia abajo del agua, permite una mejor penetración de las raíces, mejora la aireación y facilita el control de la salinidad. Estas prácticas son más efectivas cuando el suelo está seco puesto que se obtiene una mayor rotura de las capas endurecidas o densas.

**2.5.2.3 LABRANZA MÍNIMA:** Esta técnica se basa en el mantenimiento de la estructura del suelo reduciendo el tráfico de maquinaria y el laboreo al mínimo

CIC	Contenido de Sodio Intercambiable en el suelo, meq/100g de 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

para evitar la compactación del suelo. Si se evita la compactación se tiene buen drenaje, buena penetración del agua, buena aireación y buen desarrollo de las raíces, al tiempo que se pueden realizar eficientemente las prácticas de control de salinidad.

**2.5.2.4 ADICIÓN DE MATERIA ORGÁNICA:** La materia orgánica ejerce una profunda influencia en el comportamiento del agua en el suelo aumentando la capacidad de retención de la misma y facilitando su movimiento a través del perfil. En suelos salinos este efecto adquiere importancia fundamental.

**2.5.2.5 PREPARACIÓN DE SURCOS Y CAMAS PARA LAS SEMILLAS:** La germinación y los primeros estados de crecimiento son las etapas críticas de la vida de la planta y cuando ella es más sensible a los daños causados por la salinidad. En este período cuando las prácticas de manejo de la salinidad deben ser más eficientes para evitar la acumulación de las sales en el perfil radicular. La preparación de camas es una práctica convencional que puede resultar muy conveniente en suelos con peligro potencial de salinización. Antes de preparar las camas debe hacerse una buena nivelación (tener en cuenta el sistema de riego a usar). Si hay presencia de capas compactas o endurecidas deben romperse mediante subsolación. Cuando el subsuelo es salino el uso de arado de vertedera puede traer las sales nuevamente a la superficie después de lavado, por lo que se recomienda el uso de arado de cincel.

#### **2.5.2.6 PRÁCTICAS ADICIONALES DE MANEJO DEL AGUA**

Básicamente debe tenerse en cuenta que:

- a. Las sales se acumulan en la superficie o cerca de ella como resultado de la evaporación y subsiguiente ascenso capilar del agua.
- b. Las sales se mueven con el agua en el suelo y se acumulan en el frente húmedo.
- c. Los períodos más críticos y cuando es más importante tener un control estricto del problema salino son la germinación de la semilla y la emergencia de las plántulas.

**2.5.2.7 TÉCNICAS DE RIEGO:** Para evitar la acumulación de sales en la superficie como resultado del uso del riego por gravedad puede usarse el riego por aspersión. Este requiere el uso de agua de muy buena calidad para prevenir daños al follaje como consecuencia de la concentración de sales, especialmente cloruros y sodio, sobre la superficie de las hojas. Cuando no se cuenta con agua de muy buena calidad se pueden usar algunas técnicas complementarias para evitar el daño foliar tales como riegos nocturnos, uso de aspersores pequeños y de rotación rápida, movimientos de las tuberías siguiendo la dirección del viento y del uso de aspersores con un ángulo de aspersión pequeño.

### **2.5.3. EFECTO DEL YESO EN TRATAMIENTO DE SUELOS SALINOS**

Las actividades agrícolas se ven desfavorecidas con los problemas de salinidad y altos niveles de sodio intercambiable. Las sales en la planta afectan los procesos bioquímicos y la retención de agua. A lo largo de los años, se ha aplicado el sulfato de calcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) comúnmente llamado yeso agrícola, el cual es de bajo costo, como enmienda para el suelo. Dicho manejo ha demostrado el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, así como el aumento de la productividad de los cultivos. El mecanismo de acción del yeso agrícola, es el reemplazo del calcio por el sodio del suelo mediante intercambio catiónico, para formar sulfato de sodio el cual es lixiviado (Trasviña et al., 2013).

### **2.5.4. EFECTO DE LOS SUELOS SALINOS EN LAS PLANTAS**

Flores *et al.*, (2014) remarca sobre la influencia de la salinidad que contrae varios problemas en el desarrollo de la planta, los más destacados son:

- a) Problemas en la adsorción a altas concentraciones de sales solubles, la planta hace mayor esfuerzo en la succión de nutrientes y agua.
- b) El problema de toxicidad que ocasiona en las plantas, es en la ruta metabólica, por lo tanto, altera el desarrollo del cultivo; las plantas sensibles a la salinidad hasta podrían llegar a morir.

c) El problema de la estructura física del suelo, es ocasionado por la dispersión de la materia orgánica y adsorción de arcilla, esto provoca baja permeabilidad, por lo tanto, en la parte superficial del suelo se forman costras blancas.

d) Los efectos causados por la baja fertilidad del suelo, las plantas poco desarrolladas o achaparradas que es debido a un abaja fertilidad y la salinidad, los síntomas no son tan fáciles de detectar por que las características son similares, tal vez se podría diferenciar por lo siguiente: el tamaño achaparrado, las hojas verde oscuro, esto se debe a un aumento del contenido de clorofila, estos síntomas se pueden observar con claridad en las hojas, para determinar el efecto de sales solubles, por lo tanto se deben realizar una serie de determinaciones analíticas como el análisis químico de la planta en laboratorio.

### **2.5.5. LA SALINIDAD UNA AMENAZA PARA LOS SUELOS AGRÍCOLAS**

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 (Piedra & González, 2013).

El origen de la salinidad puede ser explicado por dos vías: La primera es natural, ya sea por la cercanía y la altura sobre el nivel del mar, la intemperización y la existencia de sales también son causas primarias de salinidad que se agudizan en condiciones heterogéneas de micro topografía y

las propiedades físico-químicas del perfil del suelo, como son: la textura, la estructura, la porosidad, la permeabilidad, la capacidad de retención de humedad y de intercambio catiónico juegan un papel importante. De ahí que en regiones áridas y semiáridas esta situación es predominante, incluso, en áreas con mejores promedios anuales de precipitación, como en los climas trópicos secos y templados secos, la presencia de períodos secos más largos, puede condicionar la ocurrencia de procesos de salinización. Además de las adversas condiciones climáticas, se deben considerar otros factores, en la ocurrencia de salinidad, como son: las aguas salinas subterráneas, las tierras bajas cercanas a las costas, los pantanos y las lagunas litorales, así como en las áreas cercanas a minas y bóvedas salinas. La segunda causa, es el resultado de las incorrectas prácticas agrícolas del suelo y el mal manejo del agua para el riego, lo cual permite la movilidad de las sales dentro del suelo y el transporte de las mismas a nuevos sitios. Esto es conocido como proceso de salinidad antrópica o secundaria, convirtiéndose la salinización de los suelos en una consecuencia del desarrollo de la sociedad humana (Piedra & González, 2013).

## **2.6. USO DE BIOESTIMULANTES EN EL CULTIVO DE FREJOL CAUPÍ**

Los bioestimulantes actúan sobre la fisiología de la planta de diferentes formas y por diferentes vías para mejorar el vigor del cultivo, el rendimiento y calidad de la cosecha. Son productos de variados orígenes, sin residuos y seguros, cada vez más utilizados en una gran variedad de cultivos. Los bioestimulantes son productos que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas previamente seleccionadas que se caracterizan por producir sustancias fisiológicamente activas (auxinas, giberelinas, citoquininas, aminoácidos, péptidos y vitaminas). Cuando estas interactúan con la planta promueven diferentes eventos metabólicos en función de estimular su crecimiento y el desarrollo. Los bioestimulantes son muy eficientes cuando la planta ha sido sometida a períodos de estrés; 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 (Montoya, 2018).

### 2.6.1. 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.

<b>COMPOSICIÓN</b>		<b>%PESO</b>
<b>Proteína</b>		20.00
<b>Zinc</b>		5000 ppm
<b>Manganeso</b>		5000ppm
<b>Magnesio</b>		2500ppm
<b>Molibdeno</b>		200ppm
<b>Fierro</b>		500ppm
<b>Cobalto</b>		50ppm
<b>Acondicionadores</b>	<b>e</b>	78.675
<b>inertes</b>		
<b>Total</b>		100.00

Fuente:

fagro.com.mx

### 2.6.2. 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.

<b>COMPOSICIÓN</b>		
<b>Nitrógeno (N) orgánico</b>	9%(p/p)	11%(p/v)
<b>Nitrógeno (N)Total</b>	9%(p/p)	11%(p/v)

<b>Carbono (C) orgánico</b>	24.5%(p/p)	30%(p/v)
<b>Aminoácidos</b>	>55	>65
<b>Totales</b>		

---

Fuente: AgriBio

### 2.6.3. 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.

---

**COMPOSICIÓN**

---

<b>Aminoácidos</b>	10 %p/p
--------------------	---------

<b>Nitrógeno total (N)</b>	3 %p/p
----------------------------	--------

<b>Nitrógeno(N)orgánico</b>	2,5 %p/p
-----------------------------	----------

<b>Nitrógeno (N)nítrico</b>	0,2 %p/p
-----------------------------	----------

<b>Nitrógeno(N)amoniacal</b>	0,3 %p/p
------------------------------	----------

<b>Pentóxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) soluble en agua</b>	1 %p/p
--	--------

<b>Oxido de potasio (K<sub>2</sub>O) soluble en agua</b>	1 %p/p
--	--------

---

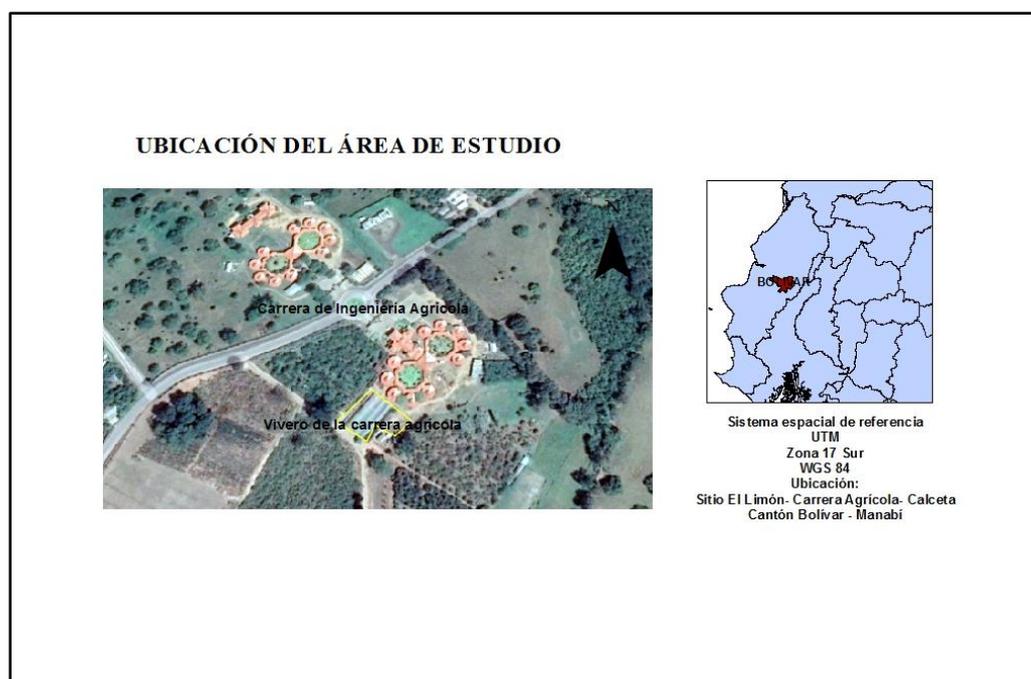
Fuente: Atlántica

## CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se desarrolló en el periodo de octubre del 2020 a septiembre del 2021, con una duración de 6 meses por cada experimento, bajo condiciones de umbráculo en el campus politécnico de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, ubicada en el Limón, parroquia Calceta, cantón Bolívar de la provincia de Manabí. El lugar está ubicado geográficamente en las coordenadas: latitud  $0^{\circ} 49' 23''$  sur; longitud  $80^{\circ} 11' 01''$  oeste; altitud de 15 msnm.

**Figura 1.** Mapa de la localización del ensayo



### 3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS

Las características edafoclimáticas del área de estudio son: precipitación: 996,7 mm anuales, temperatura máxima:  $30,70^{\circ}\text{C}$ , temperatura mínima:  $21,87^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa: 82,23 %, Heliofanía: 1043,96 horas anuales.

### 3.3. MATERIAL VEGETAL

El material experimental que se utilizó fue el frejol caupí INIAP-463.

Sus principales características agronómicas se describen a continuación:

**Tabla 2:** Principales características agronómicas del frejol caupí INIAP-463

Tipo de crecimiento	Semi erecto
Color de hoja	Verde oscuro
Color de flor	Blanco
Inicio de floración	42 - 45 días
Tipo de vainas	Gruesas rectas
Longitud de vainas	24 -25 cm
Grano por vaina	16 -20
Color grano seco	Blanco - crema
Color de hiliun	Café
Peso 100 granos secos	15,4 g
Inicio cosecha en verde	60 días
Inicio cosecha en seco	70 días
Contenido de proteínas	22,84%

La capacidad productiva del caupí INIAP-463 es superior a la de los cultivares de este tipo de grano actualmente sembrado por los agricultores y similar a INIAP-462 (INIAP, 2005).

### 3.4. ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO

#### 3.4.1. EXPERIMENTO 1

Efectividad de dosis de yeso agrícola y compost sobre el crecimiento y rendimiento de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina. Las dosis de yeso probadas fueron decididas en base a los niveles de porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y capacidad de intercambio catiónico (CIC), sugeridos por Castellanos (2000). En la tabla 3, se muestran los resultados del análisis químico realizado previo al ensayo. Con base a los cálculos descritos se decidió probar dosis similares de yeso y compost.

### 3.5. 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 maceta

**Testigo:** sin yeso ni compost

### **3.6. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL**

El experimento se estableció con un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial  $A \times B + 1$ , con diez tratamientos, tres réplicas y 30 unidades experimentales.

La unidad experimental se conformó de cuatro contenedores de 2 kg de capacidad.

**Tabla 3.** Esquema de ANOVA experimento 1

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Tratamientos	9
Yeso	2
Compost	2
Yeso x Compost	4
Control vs Tratamientos	1
Error	20
Total	29

### 3.6.1 MANEJO DEL EXPERIMENTO

#### 3.6.1.1. SUELO EXPERIMENTAL

El suelo experimental fue colectado en una localidad productora de arroz, perteneciente a la parroquia crucita del cantón Portoviejo. Las propiedades químicas del suelo relacionadas a salinidad se muestran en la **tabla 4**.

**Tabla 4.** 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

De acuerdo a los datos obtenidos de pH, CE y PSI (**Tabla 4**), y con la clasificación de suelos salinos descrita por SAGARPA – SEMARNAT (2010) y mostrada en la **Tabla 5**, el suelo experimental se clasifica como salino.

**Tabla 5.** 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.

Una vez identificado y colectado el suelo con los parámetros de salinidad establecidos, fue secado y desmenuzado, con la finalidad de mezclarlo con los respectivos tratamientos de yeso agrícola y compost ya descritos.

Seguidamente, fue colocada la cantidad de dos kg del sustrato preparado en contenedores, los cuales fueron regados hasta capacidad de campo y fueron dejados incubando al ambiente por un periodo de 30 días para que se den las reacciones químicas necesarias. Finalmente, después de este periodo se procedió a establecer las plántulas de frejol.

### **3.6.2 EXPERIMENTO 2**

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

Para el segundo experimento, se utilizó las dosis bajas de yeso y compost, dado que estadísticamente no hubo diferencias estadísticas entre dosis para la mayoría de variables testeadas.

### **3.6.3. 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)

## **3.7. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL**

El experimento se estableció con un diseño completamente al azar (DCA), con ocho tratamientos, tres réplicas y 24 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de cuatro contenedores de dos kg de capacidad. La dosis utilizada para las tres fuentes de aminoácidos fue de 5 mL L<sup>-1</sup> de agua.

**Tabla 6.** Esquema de ANOVA experimento 2

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Tratamientos	7
Error	16
Total	23

### 3.8. VARIABLES RESPUESTA

- **Peso seco aéreo (g)**

Se determinó a los 30, 60 y 90 días después de la emergencia, colocando la muestra en estufa a 65 °C hasta que alcance peso constante

- **Peso seco radical (g)**

Se determinó a los 90 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 90 días después de la emergencia, colocando la muestra en estufa a 65 °C hasta que alcance peso constante.

- **Área foliar (cm<sup>2</sup>)**

Se registró a los 90 días después de la emergencia, con la metodología del sacabocado y la relación peso/área.

- **Número de vainas por planta**

Se registró al momento de la cosecha.

- **Número de granos por planta**

Se registró al momento de la cosecha.

- **Peso de granos por planta (g)**

Se registró al momento de la cosecha, donde el peso fue determinado con la ayuda de una balanza de precisión.

### **3.9. ANÁLISIS DE DATOS**

Los datos obtenidos fueron analizados a través del análisis de varianza (ANOVA), y para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). También se realizaron comparaciones ortogonales.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

El peso seco de planta fue influenciado significativamente ( $p \geq 0,05$ ) por el factor yeso agrícola (YA) y compost (CP), mientras que la interacción YA x CP no influyó sobre esta variable (**Tabla 7**). En la **figura 2**, se aprecia que el mayor peso seco de planta fue logrado con la dosis de 42 g de YA, sin embargo, desde el punto de vista estadístico la dosis 14 g de YA fue similar a las demás dosis, por lo que la menor dosis sería suficiente para promover un buen crecimiento del frejol en suelos de tendencia salina. **La figura 3**, muestra que la dosis de 42 g de compost fue la que alcanzó la mayor ganancia de peso seco, con un incremento del 31,18 y 37% con relación a las dosis de 28 y 14 g de compost, respectivamente.

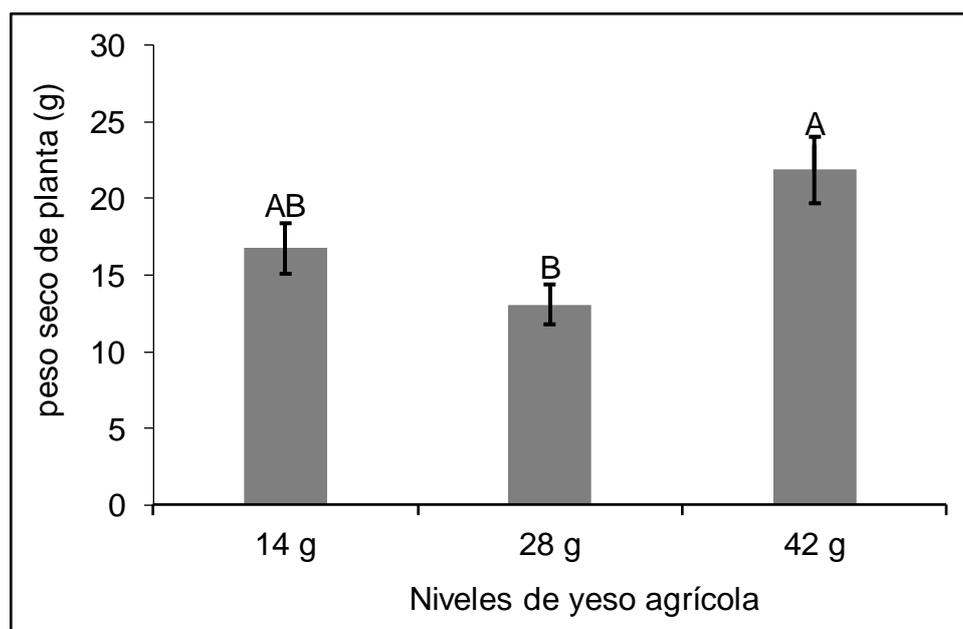
**Tabla 7.** Significancia estadística de variables de crecimiento y componentes de rendimiento del frejol, bajo la influencia de varios niveles de compost y yeso agrícola en suelo de tendencia salina.

Fuente de variación	Peso seco de planta (g)	Peso seco radical (g)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Vainas por planta	Granos por planta	Peso de granos por planta
Yeso	0,0075*	0,6214 <sup>NS</sup>	0,5677 <sup>NS</sup>	0,8874 <sup>NS</sup>	0,8730 <sup>NS</sup>	0,8730 <sup>NS</sup>
Compost	0,0076*	0,2840 <sup>NS</sup>	0,7755 <sup>NS</sup>	0,0486 <sup>NS</sup>	0,6242 <sup>NS</sup>	0,6242 <sup>NS</sup>
YA x CP	0,0835 <sup>NS</sup>	0,0680 <sup>NS</sup>	0,5684 <sup>NS</sup>	0,7489 <sup>NS</sup>	0,3814 <sup>NS</sup>	0,3814 <sup>NS</sup>
Testigo vs Trat	0,0036*	0,0027*	0,0195*	0,0500*	0,0052*	0,0023*
C.V. %	19,80	16,10	18,22	11,49	10,70	18,42

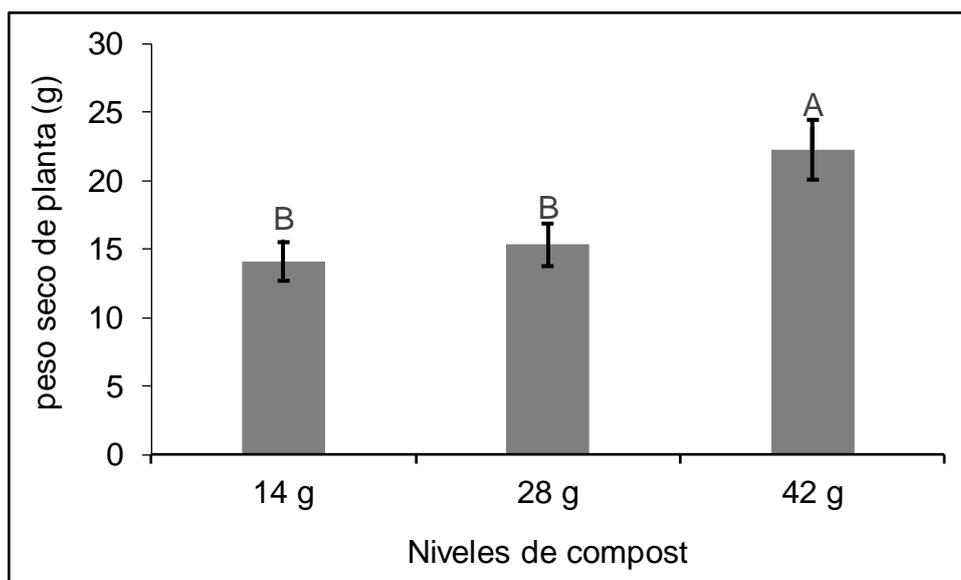
Los resultados obtenidos en peso seco de planta coinciden con los encontrados por Shanka et al., (2018) quienes reportaron incremento significativos en biomasa seca en plantas de frejol común tratadas con cal agrícola y compost en suelos salinos. Resultados similares fueron hallados por Cuenca et al., (2020) quienes reportaron mayor peso seco de plantas de frejol con la aplicación de enmiendas, donde la dolomita combinada con compost,

gallinaza y humus alcanzaron los mayores promedios, en relación al tratamiento control. Mientras que Gonzales et al., (2018) obtuvieron resultados equivalentes al nuestro dónde indica que al analizar la acumulación de materia seca se observó un patrón similar de los parámetros MST y MSH al obtenido en la evaluación de BFT y BFH. La acumulación de materia seca observada en las plantas del caupí representó un incremento del 18,4 % a 20 %.

Estos resultados concuerdan con Vázquez y Torres (2006) cuando expresan que el producto seco obtenido por planta o por unidad de área, depende del balance existente entre la fotosíntesis y la respiración. De igual forma los cambios del ambiente influyen en el ritmo de la producción de materia seca, así, los efectos del aire, la energía solar, el agua y todos los que caracterizan un macro clima o microclima pueden interferir en la producción de materia seca de una especie vegetal.



**Figura 2.** Efecto de niveles de yeso agrícola sobre el peso seco de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina.

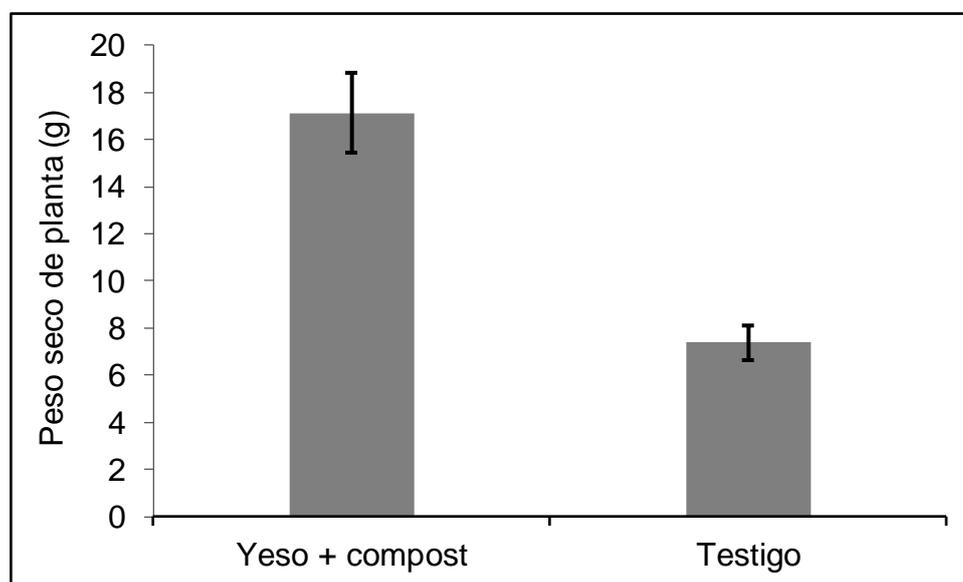


**Figura 3.** Efecto de niveles de compost sobre el peso seco de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina.

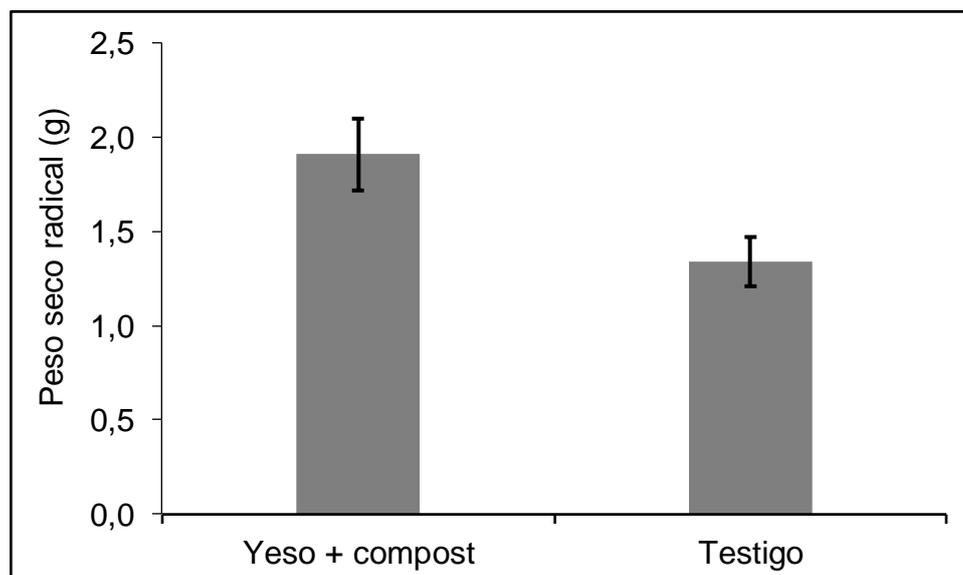
Las variables peso seco radical, área foliar, vainas por planta, granos por planta y peso de granos por planta, no fueron afectadas significativamente ( $p \geq 0,05$ ) por el factor YA, CP y la respectiva interacción YA x CP (**Tabla 7**). Estos resultados indican que la dosis mínima de YA y CP pueden ser suficiente para el cultivo de frejol en suelos de tendencia salina. En todos los casos se reportó significancia estadística ( $p \geq 0,05$ ) para la comparación ortogonal entre el promedio de los tratamientos con YA y CP vs el tratamiento control, lo cual indica que, bajo condiciones de suelos de tendencia salina, es necesario colocar dosis mínimas de YA y CP para propiciar un adecuado crecimiento y rendimiento del frejol.

En las **figuras 4, 5 y 6**, los resultados de las comparaciones ortogonales entre el promedio de los tratamientos con YA y CP vs el tratamiento control, fue estadísticamente significativo ( $p < 0.05$ ), y evidencian una mayor ganancia de peso seco de planta, peso seco radical e incremento del área foliar cuando se aplican yeso y compost. Para el caso del peso seco de planta el tratamiento con YA y CP superó al tratamiento control en un 56,89%, mientras que para el peso seco radical el incremento porcentual fue del 29,84%. Para el caso del área foliar, la aplicación de YA y CP mostró un incremento del 69.99%, con relación al tratamiento control. Estos resultados indican que, en suelos de

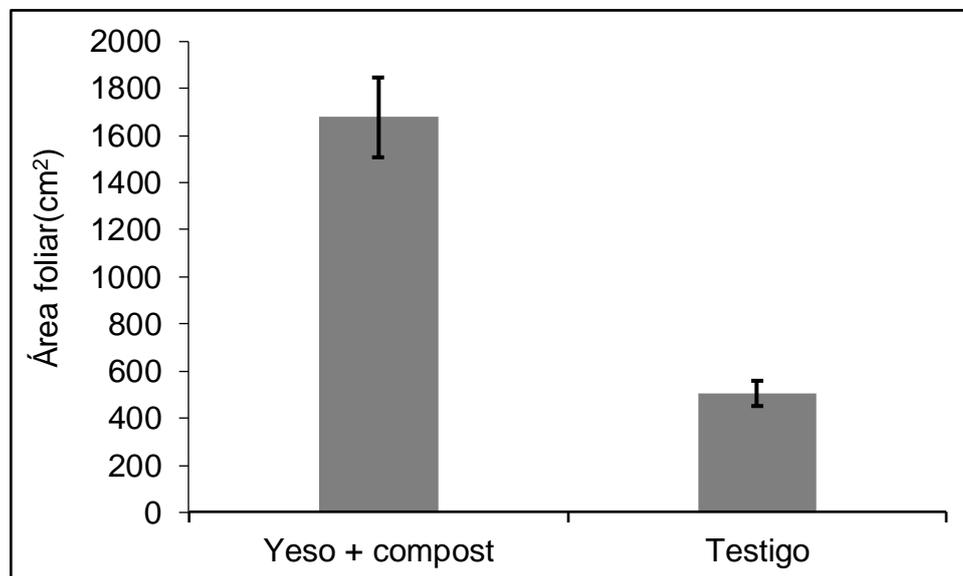
tendencia salina, una dosis mínima de YA y CP promueven un mejor crecimiento de raíces, mayor área foliar y crecimiento general de la planta de frejol. De acuerdo con los resultados obtenidos por Escandón (2011), indica que la aplicación de yeso tuvo efecto en longitud de raíz, esta se incrementó conforme se incrementó la dosis de yeso en todos los tratamientos con respecto al testigo, en biomasa y volumen radical no afectó las dosis de yeso. En cambio, Trasviña et al.; (2017), concluye que la aplicación de yeso agrícola y los lavados en el suelo salino del huerto de nogal mejoraron las propiedades químicas.



**Figura 4.** Efecto combinado de yeso y compost sobre el peso seco de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina

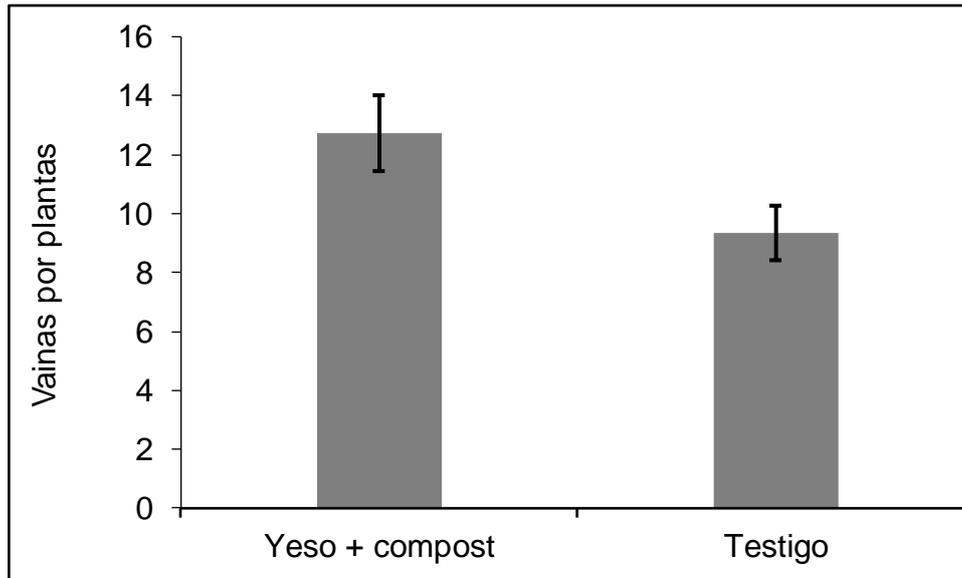


**Figura 5.** Efecto combinado de yeso y compost sobre el peso seco radical de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina.

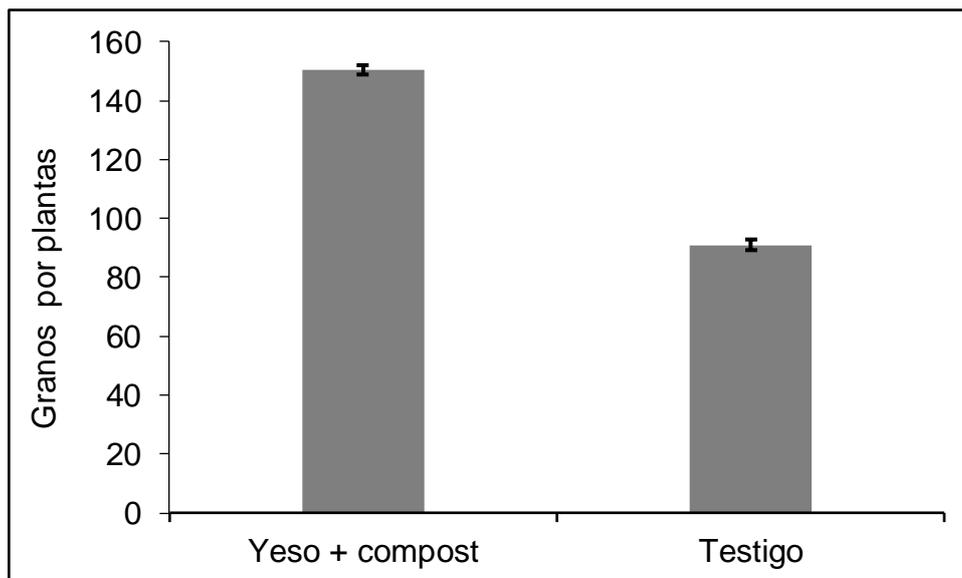


**Figura 6.** Efecto combinado de yeso y compost sobre el área foliar de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina.

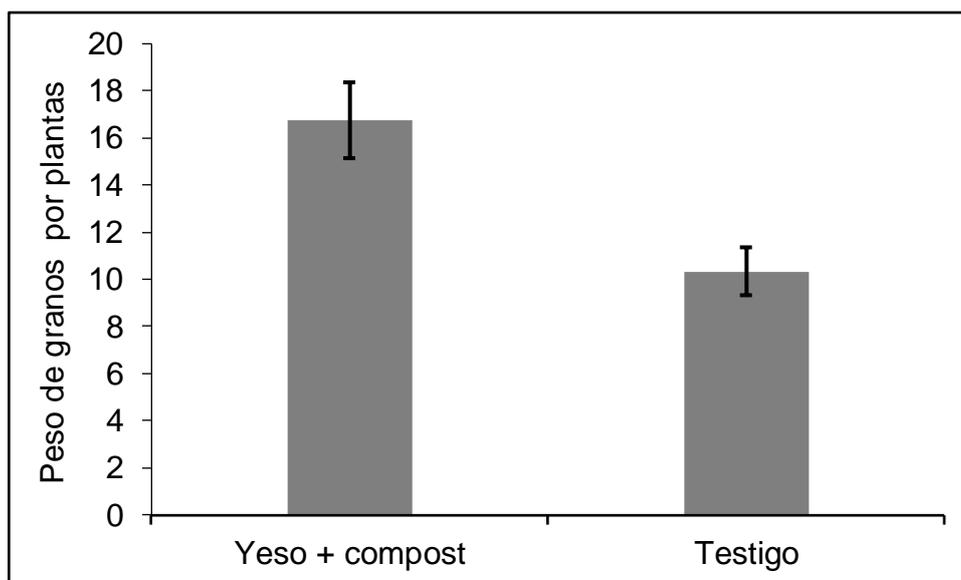
En las **figuras 7, 8 y 9**, los resultados de las comparaciones ortogonales entre el promedio de los tratamientos con YA y CP vs el tratamiento control, mostraron un mayor aumento de los componentes de rendimiento del frejol cuando se aplican yeso y compost, en relación al tratamiento control. La **figura 7**, muestra un incremento del 26.77% de vainas por planta en el tratamiento con YA y CP, con relación al tratamiento control. Por su parte en la **figura 8**, se observa un incremento del 39.47% de granos por planta, con YA y CP, en comparación al tratamiento control. Resultados similares fueron hallados por Damián et al.; (2018) donde el tratamiento 1, con la aplicación de plan de enmiendas, yeso agrícola y materia orgánica (humus de lombriz y compost mejorado), se obtuvo un rendimiento de 4795,20 kg de arroz, superando al tratamiento 2 en donde se obtuvo un rendimiento de 3124 kg de arroz. En cambio, Mogollón et al.; (2015) concluyen que la aplicación de vermicompost en dosis de 5% y 10% redujo el sodio intercambiable, demostrando ser una buena estrategia para la recuperación integral de suelos salino-sódicos.



**Figura 7.** Efecto combinado de yeso y compost sobre vainas por plantas de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina



**Figura 8.** Efecto combinado de yeso y compost sobre granos por plantas de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina



**Figura 9.** Efecto combinado de yeso y compost sobre peso de granos por plantas de plántulas de frejol en suelo de tendencia salina

En análisis de varianza reportó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) para las variables peso seco de planta y área foliar, lo cual indica que las enmiendas a base de yeso y compost + la aplicación de aminoácidos, potencia el crecimiento del frejol en suelos salinos (**Tabla 7**). Por el contrario, el peso seco radical no fue influenciado significativamente ( $p \geq 0,05$ ) por los tratamientos de enmiendas y las aplicaciones de aminoácidos (**Tabla 7**).

En cuanto a peso seco de planta, los tratamientos que lograron el mayor promedio fueron la aplicación de enmienda con aminoácidos de origen vegetal y de origen marino, en comparación al resto de tratamientos y al tratamiento control (**Tabla 7**). La mayor área foliar, fue alcanzada en los tratamientos con enmienda + la aplicación de aminoácidos de origen vegetal, animal y marino, en comparación con los tratamientos que solo recibieron aplicación de aminoácidos, pero no de enmiendas, y el tratamiento que solo recibió enmienda, pero no aminoácidos (**Tabla 7**). El tratamiento control mostró el menor peso seco planta y área foliar, lo cual indica que la aplicación de enmiendas como yeso y compost combinados con aminoácidos, son una buena alternativa para potenciar el crecimiento del frejol en suelos de tendencia salina.

## 4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE VARIABLES RESPUESTA DEL EXPERIMENTO 2

**Tabla 8.** Efecto de enmiendas y aminoácidos sobre el crecimiento del frejol en suelo de tendencia salina.

Tratamientos	Peso seco de planta (g)	Peso seco de raíces (g)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
Enmienda + Aminoácidos de origen vegetal	13,18 A <sup>1/</sup>	1,54	874,00 A
Enmienda + Aminoácidos de origen animal	12,84 AB	1,57	818,00 A
Enmienda + Aminoácidos de origen marino	13,07 A	1,65	848,67 A
Sin enmienda + Aminoácidos de origen vegetal	12,78 AB	1,51	695,33 B
Sin enmienda + Aminoácidos de origen animal	12,75 AB	1,55	550,67 B
Sin enmienda + Aminoácidos de origen marino	12,69 AB	1,56	640,67 B
Enmienda sin aminoácido	12,91 AB	1,60	679,33 B
Control absoluto	12,20 B	1,44	423,67 C
p-valor ANOVA	0,0196	0,0545	0,0463
C.V. %	2,09	4,11	13,10

<sup>1/</sup> Medias en columnas con letras distintas, son diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

En análisis de varianza reportó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) para las variables vainas por grano y números de granos por plantas, lo cual indica que las enmiendas a base de yeso y compost + la aplicación de aminoácidos, potencia el crecimiento del frejol en suelos salinos (**Tabla 8**). Por el contrario, el peso de grano por planta no fue influenciado significativamente ( $p \geq 0,05$ ) por los tratamientos de enmiendas y las aplicaciones de aminoácidos (**Tabla 8**).

En cuanto a vainas por plantas, los tratamientos que lograron el mayor promedio fueron la aplicación sin enmienda con aminoácidos de origen vegetal y de origen marino, en comparación al resto de tratamientos y al tratamiento control (**Tabla 8**). El mayor número de granos por plantas, fue alcanzada en los tratamientos con enmienda + la aplicación de aminoácidos de origen animal, vegetal y marino, en comparación con los tratamientos que solo recibieron aplicación de aminoácidos, pero no de enmiendas, y el tratamiento que solo recibió enmienda, pero no aminoácidos (**Tabla 8**). El tratamiento control mostró el menor número de vainas por plantas y peso radical, lo cual indica que la aplicación de enmiendas como yeso y compost combinados con aminoácidos,

son una buena alternativa para potenciar los componentes de rendimiento del frejol en suelos de tendencia salina.

**Tabla 9.** Efecto de enmiendas y aminoácidos sobre componentes de rendimiento del frejol en suelo de tendencia salina.

Tratamientos	Vainas por plantas(g)	Número de granos por plantas	Peso de grano por planta
Enmienda + Aminoácidos de origen vegetal	10,00A-C	53,33A-C	8,64
Enmienda + Aminoácidos de origen animal	6,33 CD	57,00A-C	10,39
Enmienda + Aminoácidos de origen marino	10,67AB	59,17AB	10,19
Sin enmienda + Aminoácidos de origen vegetal	11,33A	43,33BC	7,12
Sin enmienda + Aminoácidos de origen animal	7,67 A-D	52,67A-C	8,19
Sin enmienda + Aminoácidos de origen marino	10,33AB	48,33BC	7,99
Enmienda sin aminoácido	7,33B-D	74,50A	10.40
Control absoluto	5,67 D	36,33C	6,25
p-valor ANOVA	0,0007	0,0019	0,0694
C.V. %	15,82	14,91	19,93

El efecto de yeso agrícola, enmiendas orgánicas y la aplicación de aminoácidos de origen vegetal, animal y marino, influenciaron en las variables de crecimientos y rendimientos del cultivo de fréjol en suelo de tendencia salina. Se conoce que el efecto de las enmiendas orgánica depende de las prácticas y de su manejo, como el tipo de abono, dosis, frecuencia y la forma de aplicación (Eghball, 2000). El efecto beneficio del yeso agrícola y enmiendas orgánica sobre la productividad de los cultivos es una función de muchos factores, que incluyen un mayor vigor de la planta, la mejora de las propiedades del suelo y una mayor absorción de nutrientes (Joshi, 2016). Por otra parte, Otero et al., (2006) reportaron resultados favorables en relación con la aplicación de enmiendas orgánicas en suelos salinos y sódicos, con bajos niveles de producción. Así mismo, Atwa & Abo (2014) informaron que la aplicación de yeso es una enmienda efectiva para mejorar la productividad de suelos afectados por la sal.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.3. CONCLUSIONES**

- El uso combinado de dosis bajas de yeso agrícola y compost puede ser suficiente para mejorar el crecimiento y rendimiento de plántulas de frejol cultivadas en suelo de tendencia salina.
- La aplicación combinada de aminoácidos con yeso agrícola y compost, contribuye a mejorar el crecimiento y productividad de plántulas de frejol.

### **4.4. RECOMENDACIONES**

- Evaluar los resultados más efectivos obtenidos en los ensayos de maceta, bajo condiciones de campo.
- Bajo condiciones de campo evaluar el efecto del yeso agrícola, compost y aminoácidos sobre parámetros físico-químico de suelos de tendencia salina, además del crecimiento y el rendimiento del cultivo de frejol.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álava, D. y Haz, E. 2017. Aplicación de cocteles microbiano y bovinazacascarilla de arroz para la recuperación de muestras de suelos salinos del sitio Correagua, Manabí. (Tesis pregrado). Ecuador.
- 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. 57p.
- Atwa, A; Abo, R. 2014. Effect of some soil amendments and compost on some soybean varieties productivity and soil properties under salt affected soils. Vol. 5 (6): 831 – 845.
- Apáez, P., Escalante, J., Sosa, E., Apáez, M., Rodríguez, M., & Raya, Y. (2016). Producción y calidad nutrimental de vaina del Frijol chino *Vigna unguiculata* (L) Walp, en función de arreglo Topológico y tipo de fertilización. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. 48, (2): 31-42
- Argentel, M; Fonseca, R; Garatuza, P; Yépez, G; González, A. 2017. Efecto de la salinidad en callos de variedades de trigo durante el cultivo in vitro. Revista Mexicana de ciencias Agrícolas 8:477-488.
- Burbano, P. 2019. "Evaluación de tres variedades de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L.) Con tres distancias de siembra". (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Castellanos, J. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Segunda edición. Intagri, S.C. Guanajuato, México. 226 p.
- Clirsén. 2010. Reunión preparatoria para el atlas de suelos de latino America, Río de Janeiro, Ecuador- Base de datos Edáfica.
- Cuenca, A; Castro, N; Cargua, J; Cedeño, G; Cedeño, J. 2020. Efectividad de enmiendas sobre el crecimiento y rendimiento de fréjol común en suelo andisol ácido. vol. 25, núm. 1.
- Damián, M; Gonzales, F; Quiñones, P; Terán, J. 2018. Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz,

para mejorar el suelo. 25 (1): 141 – 158:  
<http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v25n1/a09v25n1>

- Delgado, C; Rodríguez, R; Capulín, J; Madariaga, A. e Islas, M. 2019. Caracterización fisicoquímica de suelos salinos agrícolas, en la localidad de Chicvasco, estado de Hidalgo, México. Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals 11: 6,2019
- Escandón, M. 2011. Crecimiento y contenido nutrimental en raíz de Chile (*Capsicum annum* L.) cultivado en un suelo salino-sódico tratado con yeso y biofertilizante. Universidad Autónoma De San Luis Potosí Facultad De Agronomía Coordinación De Posgrado Maestría En Ciencias Agropecuarias.
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. Soil Science of Society of America Journal 64, 2024-2030
- Flores, E., Flores, J., & Tórrez, J. (2014). Recuperación de suelos salinos con la incorporación de sulfato de calcio hemidrato ( $\text{Ca}(\text{SO}_4)_{1/2}\text{H}_2\text{O}$ ). Obtenido de <http://www.ecorfan.org/bolivia/handbooks/ciencias%20tecnologicas%20/Articulo%2014.pdf>
- Gaibor, J. 2019. "Comportamiento de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.) según su estado fenológico a distintos niveles de salinidad". (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela de Ingeniería Agronómica. Ecuador.
- García, A. 2018. Manejo de suelos con acumulación de sales. Universidad Nacional, Sede Palmira. Palmira – Colombia. Obtenido de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/2-Manejo-de-suelos-con-acumulacion-de-sales-Garcia-A.pdf>
- Gómez, E; Argentel, L; Ávila, A; Alarcón, K; López, R; Ruiz, B; Fernández, M. e Eichler, B. 2013. Evaluación de la tolerancia a la salinidad en frijol Caupí a partir de variables relacionadas con la nodulación y la acumulación de nitrógeno foliar. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 34:11-16

- González, D., Álvarez, U., & Lima, R. (2018). Acumulación de biomasa fresca y materia seca por planta en el cultivo intercalado caupí-sorgo. *Centro Agrícola*, 45(2), 77-82.
- INIAP (instituto Nacional Autónomo de investigaciones agropecuarias). 2005. Iniap – 463 variedad de caupí de grano blanco y alto rendimiento para el Litoral Ecuatoriano. Plegable divulgativo N° 218, Portoviejo.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos); MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). (2000). III Censo Nacional Agropecuario del Ecuador. Recuperado a partir de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/resultados-nacionales>
- Joshi, D; Hooda, J; Bhatt, B; Gupta, H. 2016. Efectos supresores de los compost sobre las enfermedades foliares y transmitidas por el suelo del frijol francés en el campo del Himalaya occidental. *Protección de cultivos*. Vol. 28, pp 608-615
- Lamz, A. y Gonzáles, M. 2013. La salinidad como problema en la agricultura: La mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos tropicales* .34 (4): 31-42
- Lazo, J. 2019. 'Evaluación del rendimiento de grano y características morfoproductivas de seis genotipos de frijol (*Vigna unguiculata* (L) Walp). Valle del Medio Piura. 2018'. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Piura.
- López, E. 2012. Manual de cultivo de frijol caupi. Obtenido de [https://www.swisscontact.org/fileadmin/user\\_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/CAUPI.pdf](https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/CAUPI.pdf)
- López, R; Gómez, E; Campos, R; Eichler, B; Rodríguez, L; Guevara, F. y Gongora, G. 2018. Afectaciones en el rendimiento de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) provocado por salinidad. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 9:74-80
- Manzano, J; Rivera, Briones F; y Zamora C. 2014. rehabilitación de suelos salino-sódicos: estudio de caso en el distrito de riego 086, Jiménez, Tamaulipas, México. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. México*. 32 (3): 211-219.

- Martínez, A; y Castaño, W. 2018. Identificación de familias vegetales como posibles indicadores de suelos con procesos de salinización en dos áreas priorizadas: Sabana de Bogotá y Alto Magdalena, Colombia. (Tesis pregrado).
- Mesa, D. 2003. Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 37(3):217-226
- Mogollón, J; Martínez, A; Torres, D. 2015. Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Acta Agronómica*. 64 (4), p 315-320
- Montoya. A. 2018. "Comportamiento agronómico del fréjol *Vigna unguiculata* bajo aplicaciones de Bioestimulantes ecológicos, en la zona de Babahoyo". (tesis de pregrado). Universidad de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.
- Morales, A; Andueza, R; Márquez. C; Benavides, A; Tun, J, González, A; Alvarado, C.2019. Caracterización morfológica de semillas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) de la Península de Yucatán. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 6.(18): 463-475
- Otero, L., V. Gálvez, N. Navarro, G. Díaz, L. Rivero y A. Vantour. 2006. Contribución de las fracciones adsorbentes al intercambio catiónico de suelos arroceros de la llanura sur Habana-Pinar del Río. *Terra Latinoamericana* 24: 9-15
- Piedra, A & González. 2013. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 34 (4): 31-42
- Proaño, J., Suarez, C. y Briones, C. 2011. Estudio de metodologías para la validación de un modelo predictivo para el manejo y control de la salinidad del suelo y del agua en la península de Santa Elena. Universidad Agraria, Guayaquil.
- PROGRESAM. 2005. Consejo Provincial de Manabí, Dirección de Gestión Ambiental. Obtenido de Consejo Provincial de Manabí, Dirección de Gestión Ambiental.

- Quintana, W.; Pinzón, E. y Torres, D. 2016. Evaluación del crecimiento de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) CV ICA Cerinza, bajo estrés salino. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 19(1): 87-95
- Robalino, J y Delgado, J; 2017. Aplicación (IN VITRO) de Consorcios de microorganismos y *Azolla caroliniana* para recuperación de suelos salinos en muestras del sitio Correagua Manabí. (Tesis pregrado). Ecuador.
- SAGARPA, SEMARNAT, 2010. Salinidad del Suelo. Gobierno Federal, SAGARPA, SEMARNAT. México.
- Shanka, W. y Torres, D. 2018. Evaluación del crecimiento de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) CV ICA Cerinza, bajo estrés salino. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 19(1): 87-95
- Tozzi, F; Mariani, A., Vallone, R; Morábito, J. 2017. Evolución de la salinidad de los suelos regadíos del río Tunuyán Inferior (Mendoza - Argentina). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. 49 (1): 79- 93.
- Trasviña, A; Bórquez, R; Leal, J; Castro, E. y Gutiérrez M. 2017. Rehabilitación de un suelo salino con yeso agrícola en un cultivo de nogal en el Valle del Yaqui. Terra Latinoamericana 36: 85-90.
- Trasviña, A; Bórquez, R; Leal, J; Castro, L; Gutiérrez, M. 2013. Rehabilitación de un suelo salino con yeso agrícola en un cultivo de nogal en el Valle del Yaqui. Terra Latinoamericana Volumen 36 Número 1
- Usca, E. 2019. Evaluación de enmiendas para el manejo de la salinidad en suelos de la parroquia Chanduy, provincia de Santa Elena. (tesis de pregrado). Universidad de Santa Elena, Ecuador.
- Vázquez, E. y Torres, S. (2006). Fisiología Vegetal, 2da parte. Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, Cuba, 207 p.
- Velásquez, J; Giraldo, P. 2005. Posibilidades competitivas de productos prioritarias de Antioquia frente a los acuerdos de integración y nuevos acuerdos comerciales. Gobernación de Antioquia, Departamento de Planificación- Secretaría de productividad y competitividad. Informe, 92 p

## **ANEXOS**



**Recopilación de la tierra**



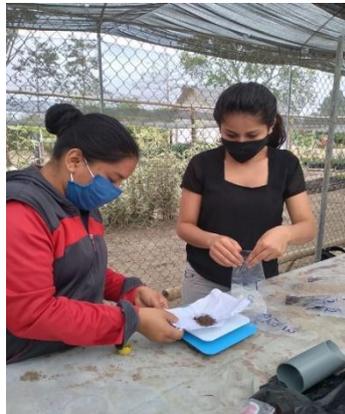
**Triturado de la tierra**



**Peso de la tierra**



**Peso de hojas**



**Peso del yeso y  
compost 14, 28 y 42gr**



**Instalación del ensayo**



**Mezcla de yeso y  
compost**



**Llenado de yeso y  
compost**



**Riego**



**Siembra del frejol caupi**



**Control de malezas**



**Germinación**



**Resiembra**



**Aplicación de Yaramila Complex**



**Raleo de plantas**



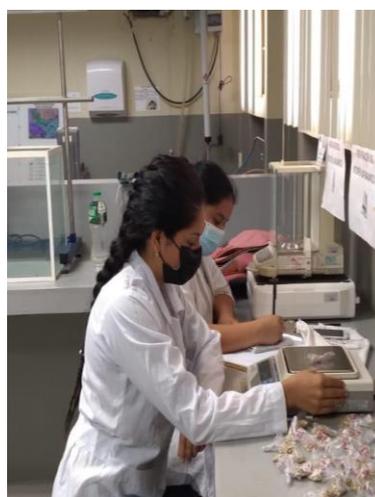
**Control fitosanitario**



**Aplicación de tres fuentes de aminoácidos de origen animal, vegetal y marino**



**Rotulado y llenado de hojas, tallo y raíz de frejol caupí para ser llevados a estufa**



**Toma de datos del peso seco de raíz, tallo y hoja del frejol caupí**