



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**



Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,  
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito  
previo para obtener el título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA:**

“Enmiendas orgánicas como alternativas de manejo en suelos  
afectados por salinidad en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)”.

**AUTOR:**

Joffre Pablo Vecilla Marmolejo

**TUTOR:**

Walter Oswaldo Reyes Borja, PhD.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2020



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,  
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito  
previo para obtener el título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA:**

“Enmiendas orgánicas como alternativas de manejo en suelos  
afectados por salinidad en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)”.

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

Ing. Agr. Carlos Barros Veas, M.Sc.

**PRESIDENTE**

---

Ing. Agr. Oscar Caicedo Camposano, M.Sc.

**VOCAL**

---

Ing. Qca. Adriana Mejía Gonzales

**VOCAL**

La responsabilidad por la Investigación análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones presentadas y sustentadas en este componente práctico del examen Complexivo son de exclusividad del autor.

---

**JOFFRE PABLO VECILLA MARMOLEJO**

## **DEDICATORIA**

A Dios, principalmente por darme salud, vida, fuerzas y esmero para seguir adelante y cumplir mis objetivos.

A mis padres Joffre Vecilla Villamar y Cecilia Marmolejo Mera por su apoyo incondicional en todo momento, por la educación ética y moral que siempre me brindaron para hacer lo correcto y lograr mis metas.

A mis hermanos Jonathan Vecilla y Carlos Vecilla y demás personas que fueron parte de este proceso, por creer en mí, por su apoyo y motivación en momentos precarios.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por haberme permitido cumplir esta meta en mi vida, a mis padres por su apoyo infalible.

A la inmemorable Universidad Técnica de Babahoyo, en especial, mi querida Facultad de Ciencias Agropecuaria por brindarme información valiosa que ayudó a formarme como profesional de la carrera de Ingeniería Agropecuaria y como no, agradecer al personal y docentes que forman parte de esta institución.

A mi tutor, Walter Reyes Borja, PhD. por su guía y gran apoyo técnico durante este proceso para realizar esta investigación.

.

## RESUMEN

### **Enmiendas orgánicas como alternativas de manejo en suelos afectados por salinidad en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.).**

**AUTOR:**

Joffre Pablo Vecilla Marmolejo

**TUTOR:**

Walter Oswaldo Reyes Borja, PhD.

El arroz (*Oryza sativa* L.), es uno de los cultivos de mayor importancia y demanda a nivel mundial. En el Ecuador esta gramínea forma parte de la alimentación básica para la mayoría de los ecuatorianos; además, su producción constituye una fuente de empleo para muchas familias de las áreas de influencia de este cultivo. La salinización causa efectos negativos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Es tóxico a las plantas y disminuye el potencial osmótico del suelo, provocando bajos rendimientos en cultivos como el arroz. En la presente investigación se detalla el uso de enmiendas orgánicas como alternativa para reducir el problema de salinidad en los suelos arroceros, llegando a la conclusión que el uso de enmiendas orgánicas puede ser útil en el manejo de suelos irrigados con aguas salinas, ya que estas enmiendas demostraron mayor absorción de nutrientes. El manejo de la salinidad está enfocado en utilizar diferentes técnicas que buscan minimizar el impacto económico y social, este se hace con el uso responsable de productos agroquímicos y orgánicos los cuales favorecen a una agricultura sustentable. Las enmiendas orgánicas poseen efectos positivos sobre el suelo y por sus características químicas poseen un buen potencial para la remediación de la sodicidad.

**Palabras clave:** arroz, salinidad, enmiendas orgánicas.

## SUMMARY

### **Organic amendments as management alternatives in soils affected by salinity in rice cultivation (*Oryza sativa* L).**

**Author:**

Joffre Pablo Vecilla Marmolejo

**Tutor:**

Walter Oswaldo Reyes Borja, Ph.D.

Rice (*Oryza sativa* L.), is one of the most important and demanded crops worldwide. In Ecuador is part of the basic diet for most Ecuadorians; in addition, its production is a source of employment for many families in the areas of influence of this crop. Salinization causes negative effects on the physical, chemical and biological properties of the soil. It is toxic to plants and decreases the osmotic potential of soil, causing low yields in crops such as rice. This research details the use of organic amendments as an alternative to reducing the salinity problem in peatlands, concluding that the use of organic amendments can be useful in the management of soils irrigated with saline water, as these amendments demonstrated greater nutrient absorption. Salinity management is focused on using different techniques that seek to minimize the economic and social impact, this is done with the responsible use of agrochemicals and organic products which favor sustainable agriculture. Organic amendments have positive effects on soil and because of their chemical characteristics have good potential for the remediation of sodicity.

**Keywords:** rice, salinity, organic amendments.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO METODOLÓGICO.....	3
1.1 Definición del tema caso de estudio .....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación .....	4
1.4 Objetivos .....	5
1.4.1 General.....	5
1.4.2 Específicos .....	5
1.5 Fundamentación teórica.....	6
1.5.1 Generalidades del arroz .....	6
1.5.2 Características morfológicas.....	6
1.5.3 Zonificación del cultivo de arroz en Ecuador.....	8
1.5.4 Problemas de salinidad en suelos arroceros del Ecuador.....	8
1.5.5 La salinidad de los suelos.....	9
1.5.6 Origen de los suelos salinos .....	10
1.5.7 Clasificación de los suelos salinos.....	11
1.5.8 Efecto de la salinidad en el suelo.....	12
1.5.9 Efecto de la salinidad en las plantas cultivadas .....	12
1.5.10 Estrategias para la corrección de la salinidad.....	13
1.5.11 Carbonato de calcio y sulfato de calcio.....	15
1.5.12 Vinaza .....	17
1.5.13 Compost.....	17
1.5.14 Zeolitas.....	18
1.5.15 Leonardita.....	19
1.5.16 Porquinaza.....	20
1.6 Hipótesis .....	22
1.7 Metodología .....	23
1.7.1 Método de estudio .....	23
1.7.2 Métodos de investigación .....	23
1.7.3 Factores de estudio .....	23
CAPÍTULO II.....	24



RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2.1 Desarrollo del caso .....	24
2.2 Situaciones detectadas (hallazgo) .....	24
2.3 Conclusiones .....	26
2.4 Recomendaciones .....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27

## INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.), es uno de los cultivos de mayor importancia y demanda a nivel mundial. En el Ecuador esta gramínea forma parte de la alimentación básica para la mayoría de los ecuatorianos; además, su producción constituye una fuente de empleo para muchas familias de las áreas de influencia de este cultivo.

En la actualidad el cultivo del arroz en Ecuador, se puede realizar hasta tres ciclos en el año, donde la mayor superficie sembrada se observa durante la época del primer cuatrimestre. La principal demanda del cultivo de arroz es para el consumo humano, mejoramiento de semillas y el uso industrializado para fabricar cereales y dulces. El arroz proporciona el 27 % de suministro de energía alimentaria y el 20 % de la ingesta proteica de la dieta en el mundo (Chang, 2008).

Ecuador siembra alrededor de 301 853 ha de arroz, anualmente se tiene una cosecha de 1´ 350 093 toneladas, concentrándose el 72,7% de la producción en la provincia del Guayas y el resto en las demás provincias costeñas y los valles cálidos de las provincias de la Sierra y la Amazonia (INEC, 2019).

La baja productividad observada en este cultivo, se puede deber a muchos factores sean estos bióticos y abióticos. En los que respecta a los factores abióticos pueden ser efecto de suelos desgastados, pobres en materia orgánica y con presencia de salinidad, debido al mal manejo del suelo, cultivo, maquinaria agrícola y al uso indiscriminado de químicos, todos estos factores imposibilitan a la planta obtener los nutrientes necesarios para el cumplimiento de sus funciones (Agro-Lig, 2013).

La salinización de los suelos, es un problema mundial y afecta casi un tercio del área dedicada a la agricultura. Este proceso se incrementa en las regiones áridas y semiáridas, donde la escasez de lluvia reduce la posibilidad del lavado de la sal que se va acumulando con las aguas de riego. El incremento de la demanda de agua, en las zonas áridas y semiáridas, ha obligado a los productores a emplear agua de mala calidad en sus cultivos, especialmente la que procede de pozo (Ramírez-Suárez & Hernández-Olivera, 2016).

El uso de enmiendas orgánicas para la corrección de suelos afectados por sales tiene múltiples beneficios debido a su alto porcentaje de materia orgánica, que ayuda a la proliferación de la biocenosis del suelo como; microorganismos, bacterias y microelementos que actúan de manera positiva en la corrección física, química y biológica, mejorando su estabilidad y aumenta la capacidad de almacenamiento de agua en los suelos.

La situación descrita, despierta el interés de compilar información basada en el comportamiento de la planta de arroz bajo distintos niveles de salinidad y el uso de enmiendas orgánicas como alternativas para manejo del cultivo. Esta investigación está fundamentada en la necesidad de buscar soluciones que disminuyan las consecuencias y efectos que ha traído el cambio climático a nivel mundial para el cultivo de arroz, como es la salinización.

# CAPÍTULO I

## MARCO METODOLÓGICO

### 1.1 Definición del tema caso de estudio

El presente documento tuvo como finalidad recopilar información para enriquecer los conocimientos sobre el efecto de enmiendas orgánicas, como alternativas para el manejo de suelos afectados por salinidad en el cultivo de arroz.

### 1.2 Planteamiento del problema

Aproximadamente el 15 % de la totalidad de los suelos del mundo se encuentran en procesos de degradación física - química por erosión y salinización debido a la acumulación de cantidades excesivas de sales solubles como el sodio intercambiable, conocidos como Solonetz (Ibáñez, 2014). La salinidad se incrementa año a año, constituyendo una amenaza por los daños que ocasiona no solo en la producción agrícola sino también al medio ambiente. Ante esta situación, los agricultores hacen excesivo uso de fertilizantes minerales, procurando mejorar la cosecha; sin embargo, estos procedimientos pueden provocar desbalances nutricionales en el suelo y salinización.

Los agricultores tienen poco conocimiento de las distintas técnicas que se pueden utilizar para el manejo de la salinidad, y por consiguiente no se controla adecuadamente cuando se encuentra en el cultivo.

### **1.3 Justificación**

La salinización representa un desafío para la agricultura a nivel mundial, ya que afecta desde los trópicos hasta las regiones polares, siendo especialmente importante en las regiones áridas y semiáridas (Bojórquez-Quintal *et al.* 2012). Este proceso de salinización se incrementa en las regiones, donde la escasez de lluvia reduce la posibilidad del lavado de la sal que se va acumulando con las aguas de riego. El incremento de la demanda de agua, especialmente en las zonas áridas y semiáridas, ha obligado a los productores a emplear agua de mala calidad en sus cultivos, especialmente la que procede de pozos. Esta agua posee una elevada concentración de sales, que generalmente superan los límites de tolerancia a la sal de muchos cultivos, lo cual repercute en su producción (Ramírez-Suárez, Hernández-Olivera, 2016).

En Ecuador se registran altos niveles de salinización en zonas como Guayas (66 698 ha), El Oro (4 943 ha) y Manabí (1 165 ha) según INIAP (2014) y cada vez más, se expande la formación de suelos halomórficos, como es el caso de la zona costera de la cuenca del río Guayas. Los ríos Daule y Babahoyo y sus afluentes, por acción de las mareas introducen agua de mar que afectan los suelos, no solo en las riberas, sino tierra adentro, a través de los esteros y por medio de canales de riego (Pozo *et al.*, 2010).

En la actualidad, los problemas de sales se incrementan cada día más en las superficies cultivadas en todo el mundo, debido a la falta de conciencia medioambiental y del uso de los recursos hídricos de forma irracional. Existen diversas medidas que se pueden aplicar para disminuir el daño en la agricultura como son: enmiendas químicas, orgánicas y el empleo de variedades con tolerancia a sales, lo cual puede permitir, la producción sostenible de los cultivos y garantizar la seguridad alimentaria del país y el mundo.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

Describir el efecto de las enmiendas orgánicas, como alternativas para el manejo de suelos afectados por salinidad en el cultivo de arroz.

### **1.4.2 Específicos**

1. Conocer el efecto de las enmiendas orgánicas aplicadas como alternativa para la corrección de suelos afectados por salinidad.
2. Enunciar los beneficios productivos que generan las enmiendas orgánicas en el cultivo de arroz afectados por suelos salinos.

## 1.5 Fundamentación teórica

### 1.5.1 Generalidades del arroz

El arroz es el tercer cereal que más se produce en el mundo con una proyección de 510,6 millones de toneladas en el 2018, tras el trigo con 746,6 toneladas métricas, el más importante en la alimentación humana y fuente de una quinta parte de las calorías consumidas en el mundo (FAOSTAT, 2018). El arroz constituye un alimento básico de aproximadamente el 50% de la población mundial. A pesar que este cereal se produce y se consume mayormente en Asia, se siembra con fines comerciales en más de 100 países y en todos los continentes excepto la Antártida (Díaz *et al.*, 2015).

Según Andrade & Hurtado (2007), la clasificación taxonómica del arroz es la siguiente:

<b>Reino</b>	:	plantae
<b>División</b>	:	fanerógama
<b>Tipo</b>	:	espematófita
<b>Subtipo</b>	:	angiosperma
<b>Clase</b>	:	monocotiledónea
<b>Orden</b>	:	glumifloral
<b>Familia</b>	:	gramineae
<b>Subfamilia</b>	:	panicoidea
<b>Tribu</b>	:	oryzeae
<b>Subtribu</b>	:	oryzinea
<b>Género</b>	:	Oryza
<b>Especie</b>	:	sativa

### 1.5.2 Características morfológicas

- El arroz es una hierba anual con tallos redondos, huecos y entrenudos; hojas bastante planas y una panícula terminal. Está adaptada a crecer en suelos inundados, pero también puede crecer en suelos de secano (Valladares, 2010).

- La planta de arroz produce dos tipos de raíces: las raíces seminales (o temporales) y las raíces adventicias (o permanentes). También se las conoce como primarias y secundarias. Las raíces seminales ramifican poco, pero viven un corto tiempo luego de la germinación, y son reemplazadas por las raíces adventicias (permanentes). Las raíces adventicias nacen de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes; en el arroz flotante nacen de los nudos del tallo que está sumergido en el agua y, en algunos casos, también de los nudos aéreos. En los primeros estadios de su desarrollo, son blancas, poco ramificadas y relativamente gruesas; en la medida en que la planta crece, las raíces se alargan, se adelgazan, se vuelven flácidas y se ramifican en abundancia (Degiovanni *et al.*, 2010).
- El tallo se caracteriza por ser erecto, cilíndrico, liso y hueco. Excepto los nudos, la cifra de los cuales varia en el tallo de 13 a 16. De tal forma se alargan cuatro nudos, y el internudo superior (pedúnculo) comúnmente es el más largo y lleva la panoja. El vástago desarrollado a partir del tallo principal es el primario y posteriormente le siguen otros (Torres, 2013).
- Las hojas del arroz, se desarrollan alternadamente a lo largo del tallo; la hoja principal se localiza en la base del tallo o de los hijos que se nombran prófido, no presenta lámina y está formado por dos brácteas aquilladas, los bordes del prófido aseguran por el dorso los hijos jóvenes al tallo; en cada nudo, excepto al nudo de la panícula, se forma una hoja, la superior que se encuentra debajo de la panícula se le conoce como la hoja bandera (Álvarez, 2018).
- Las flores son hermafroditas de color verde blanquecino, se encuentran en la panícula, ubicada en la parte superior del nudo apical del tallo denominado nudo ciliar, cuyo conjunto constituye una panoja grande, terminal, estrecha y colgante después de la floración. La flor del arroz es completa; consta de seis estambres que componen anteras bicelulares y un pistilo. Consisten en el ovario, el estilo y el estigma. El ovario al madurarse, da forma al grano, que se compone de las siguientes partes como son: palea, lema, raquilla y aristas (SINAVIMO, 2017).
- La semilla de arroz está formada por una estructura llamada pericarpio, conformando de esta forma un fruto llamado cariósido, y este a su vez está incluido dentro de la lema y de la pálea, estructuras que constituyen la



cáscara. El arroz descascarado o cariósido, se conoce comercialmente como arroz integral; el cual, debido a la presencia del pericarpio, es de color café. Para obtener en definitiva el arroz blanco, que es el que se comercializa en forma masiva, primero se procede a la extracción del pericarpio; posteriormente, y a través de un proceso de pulido, se elimina la testa, la capa de aleurona y el embrión. El producto industrial obtenido en definitiva y que se denomina arroz blanco o pulido, corresponde al endospermo amiláceo que forma parte de las semillas (Valladares, 2010).

### **1.5.3 Zonificación del cultivo de arroz en Ecuador**

Según el área cosechada, la producción de arroz a nivel nacional está concentrada con 97.85% en el Litoral ecuatoriano, de este porcentaje, las áreas de producción más importantes se ubican principalmente en la provincia del Guayas (74.52%), Los Ríos (20.22%), Manabí (2.73%) y El Oro (0.38%). En la costa ecuatoriana, el promedio de producción es de 5.61 toneladas ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2018), con un consumo anual de 53.20 kg por habitante, valor superior al de los países vecinos como Colombia y Perú que consumen 40 y 47.4 kg per cápita, respectivamente (Gavilánez *et al.*, 2016), la superficie sembrada de esta gramínea en el año 2018 fue de 315 976 hectáreas, con una producción de 1 772 929 toneladas (SIPA, 2018).

La provincia del Guayas presenta la mayor superficie arrocera con 222 676 ha, que representó el 74.52 % del total de la superficie sembrada en el segundo cuatrimestre (abril a julio del 2018), localizados en los cantones Daule (35 421 ha), Samborondón (24 778 ha), Urbina Jado (El Salitre) (27 242 ha), San Jacinto de Yaguachi (24 384 ha) y Santa Lucía (20 034 ha) (SIPA, 2018).

### **1.5.4 Problemas de salinidad en suelos arroceros del Ecuador**

Trabajos de investigación realizados de la conductividad eléctrica (CE) en áreas de la cuenca baja del río Guayas, muestran que alrededor del 51 por ciento del total de las muestras evaluadas no tienen problemas de salinidad. Mientras que, en el 38.4 por ciento presentan niveles de salinidad que varían de ligera (2.1 - 4.0 dS/m) a media (4.1- 8.0 dS/m) y el 10.4 por ciento de alta (4.1-8 dS/m) a muy alta (8.1 - 16.0 dS/m). Por otro lado, en el agua recolectada en las zonas influenciadas por el Golfo de Guayaquil, se pudo apreciar que la CE presentó valores que varían

de 0.17 a 3.77 dS/m. La mayor cantidad de tierras de estos lugares se hayan dedicadas al cultivo de arroz, y emplean el agua de los afluentes, sin adecuados sistemas de drenaje y sin prácticas adecuadas de nivelación de suelos (Cedeño, 2015).

#### **1.5.5 La salinidad de los suelos**

El suelo salino es aquel que contiene sales solubles en tal cantidad que alteran desfavorablemente su productividad. Al elevarse la concentración de sales en la solución del suelo, se produce la reducción del flujo de agua que por ósmosis es absorbida por las plantas, provocando condiciones de déficit hídrico en los cultivos no adaptados, aun disponiendo de altos niveles de humedad en el suelo (Niborski, 2000).

González (2005), sostiene que la salinidad de los suelos, es uno de los fenómenos más graves a los que se ha enfrentado la humanidad, mencionando que si se considera que entre el 40 y 50 % de la superficie terrestre se encuentra afectada. En tal sentido, algunos autores sostienen que las pérdidas que se producen por este flagelo son superiores a las provocadas por la sequía u otros factores ambientales adversos.

En las regiones tropicales, el área de suelos salinizados crece progresivamente, ya sea por vía natural (salinidad primaria), o por la acción de factores antrópicos (salinidad secundaria); es decir, cuando el hombre utiliza prácticas agrícolas que no están en armonía con el medio, como las siguientes:

- Destrucción de los sistemas naturales de drenaje.
- Prácticas de riego, sin un consecuente sistema de drenaje.
- Utilización de aguas de mala calidad para el riego.
- Desarrollo de sistemas de explotación, sin considerar la aptitud agrícola de la tierra.
- No utilización de sistemas de rotación de cultivos e intensificación del monocultivo en grandes extensiones.
- Permanencia de algunos suelos descubiertos a la acción de los rayos solares, incrementando la evaporación y ascenso de sales.

- Uso de maquinaria agrícola, sin considerar las propiedades físico-mecánicas del suelo.

Según la Universidad Agraria del Ecuador (2004), en su publicación “La salinidad de los suelos y sus efectos en la agricultura” sostiene que los factores que ayudan al desarrollo de los suelos salinos son los siguientes:

- Clima con altos niveles de evaporación.
- Fuente de agua salina.
- Una fuente de sales.
- Problemas de drenaje de suelos.

Estudios realizados por Pozo *et al.* (2010), manifiestan que la salinidad de los suelos de los humedales de arroz y su comportamiento en la cuenca baja del río Guayas, en los horizontes de 0 a 20 cm, donde los suelos son extremadamente salinos. En el primer año del estudio, en el límite superior se tomaron muestras de suelos, cuyos valores dieron como resultado 19.70 y 15.80 dS/m y en el límite inferior ligeramente salino 4,90 y 4,50 dS/m. En el segundo año en suelos ligeramente salinos, acondicionados para cultivos de arroz, las muestras a profundidades de 0.5 y 10 cm, demostraron la existencia de acumulación de sales afectando a los cultivos en su desarrollo y producción.

#### **1.5.6 Origen de los suelos salinos**

Según Vanegas (2011), las sales pueden ser de origen natural o proceder de contaminación antrópicas.

##### **a) Causas naturales**

Materia original: algunas rocas, fundamentalmente las sedimentarias, contienen sales como minerales constituyentes. Por otra parte, en otros casos ocurre que, si bien el material original no contiene estas sales, se pueden producir en el suelo por alteración de los minerales originales de la roca madre.

También cuando se trata de suelos bajos y planos, que son inundados por ríos o arroyos; o en aguas subterráneas poco profundas que ascienden por capilaridad conteniendo sales disueltas en las aguas de escorrentía; en las zonas

costeras, por efecto del mar, a partir del nivel freático salino y por la contribución del viento (Cuero, 2012).

Sales a partir de mantos freáticos suficientemente superficiales (normalmente a menos de 3 m de profundidad): los mantos freáticos siempre contienen sales disueltas en mayor o menor proporción, y en las regiones áridas estas sales ascienden a través del suelo por capilaridad. En general, la existencia de mantos freáticos superficiales ocurre en las depresiones y tierras bajas.

La contaminación de sales de origen eólico, es otra causa del viento en las regiones áridas que arrastran gran cantidad de partículas en suspensión, principalmente carbonatos, sulfatos y cloruros, que pueden contribuir en gran medida a la formación de suelos con sales.

#### **b) Contaminación antrópica**

La actividad agraria y especialmente el riego, ha provocado desde tiempos remotos procesos de salinización de diferente gravedad, cuando se han empleado aguas conteniendo sales sin el debido control (acumulándose directamente en los suelos o contaminando los niveles freáticos).

En zonas áridas la salinización ocurre por el riego inadecuado, donde se produce la acumulación de carbonatos de calcio y magnesio, mientras que en regiones de origen geológico marino o de naturaleza eólica, formadas por la deposición prolongada de sales trasladadas por vientos marinos o donde la lluvia percola muy lentamente, se acumula en exceso cloruro de sodio, cuyo efecto adverso sobre los cultivos, es mayor en relación con otras sales (García, 2012).

El empleo de elevadas cantidades de fertilizantes, especialmente los más solubles, más allá de las necesidades de los cultivos, es otra causa que provocan situaciones de altas concentraciones de sales, que contaminan acuíferos y como consecuencia los suelos reciben estas aguas.

#### **1.5.7 Clasificación de los suelos salinos.**

La clasificación de los suelos, según la tolerancia de los cultivos a las sales, son los siguientes (Cuadro 1) (Díaz, 2006).

Cuadro 1. Calificación de los suelos según la tolerancia de los cultivos a las sales.

<b>Categorías</b>	<b>CE. Promedio (dS/m)</b>	<b>Características</b>
No salino	< 2	Ningún cultivo es afectado.
Ligeramente salino	2-4	Afectado los cultivos sensibles.
Salino	4 -8	Afectados muchos cultivos.
Fuertemente salino	8-16	Posibles sólo cultivos tolerantes.
Extremadamente salino	> 16	Muy pocos cultivos son posibles.

#### **1.5.8 Efecto de la salinidad en el suelo.**

La salinización causa efectos negativos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Mogollón *et al.*, 2014). El sodio en exceso, en los suelos provoca la degradación y la desertificación de las tierras, lo que es limitante para el desarrollo de los cultivos. Es tóxico a las plantas y disminuye el potencial osmótico del suelo, provocando una separación de las láminas de arcilla, facilitando un hinchamiento en los agregados y su dispersión. Las sales más comunes son los cloruros y sulfatos de Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> (Piedra y González, 2013).

El sodio absorbido por las micelas coloidales provoca una separación de las láminas de arcilla; cuando hay cantidades excesivas, esta separación facilita un hinchamiento en los agregados y su dispersión; de esta manera, concentraciones elevadas de sales en la solución del suelo, es una condición que afecta a los cultivos haciéndose más evidente en los últimos años con el manejo intenso de la agricultura (Piedra y González, 2013).

#### **1.5.9 Efecto de la salinidad en las plantas cultivadas**

La salinidad de los suelos afecta de dos maneras en el crecimiento de los cultivos, incrementando la presión osmótica de la solución del suelo, que está

alrededor de las raíces y reduciendo la capacidad de absorción de agua en las plantas, causando una disminución rápida en su crecimiento, afectando algunos cambios metabólicos, similares a los causados por el estrés hídrico (Jenks y Hasegawa, 2005).

Un suelo salino con una CE mayor a 4 dS/m, genera daño en la estructura, disminuye la disponibilidad de nutrientes, dificulta el movimiento del agua, y el aire, baja absorción de agua, penetración limitada de raíces y dificultades en la emergencia de plántulas (Bandera, 2004). Altas concentraciones de sodio degradan la estructura del suelo, disminuyendo la porosidad y permeabilidad (Jenks y Hasegawa, 2005).

Este efecto se manifiesta a través de los aspectos fisiológicos (efecto osmótico) y químico (efecto nutritivo o tóxico); el cloro en niveles altos disminuye la absorción de nitrógeno y el sodio puede causar deficiencias de los elementos como el potasio y calcio. De esta manera la conductividad eléctrica tiene un efecto negativo sobre el crecimiento de los cultivos, existiendo diferencias marcadas entre las plantas (Suarez, 2010).

La salinidad en los suelos perjudica la producción de arroz, ocasiona en la planta los siguientes síntomas: crecimiento en parches, detención del crecimiento, hojas con puntas blancas, manchas cloróticas en algunas hojas y reducción del macollamiento. Los síntomas aparecen en la primera hoja, luego en la segunda y finalmente en la hoja en desarrollo (hoja bandera). La salinidad origina una reducción del crecimiento de los cultivos, al afectar negativamente la capacidad de emerger de las plántulas; igualmente, retarda el crecimiento de las plantas a través de su influencia sobre varios de sus procesos fisiológicos (García, 2014).

#### **1.5.10 Estrategias para la corrección de la salinidad**

El manejo de suelos salinos con enmiendas en Ecuador, ha sido desordenado y los resultados han sido contraproducentes. Existen métodos físicos, químicos y biológicos para recuperar suelos afectados por sales: incorporación de abonos orgánicos, de sales cálcicas de alta solubilidad que intercambia el sodio por calcio y la aplicación de ácidos o sustancias formadores de éstos. En todos los casos la influencia de la técnica será momentánea y de corto plazo (Lavado y

Taboada, 2009). Las enmiendas químicas son productos naturales a base de calcio, magnesio y azufre. Se puede destacar que el yeso o sulfato de calcio, dan una reacción ácida en el suelo, actuando como corrector de alcalinidad (Blanco, 2002). El empleo de variedades de arroz tolerantes a la salinidad, se recomienda desarrollar programas de mejoramiento genético (González *et al.*, 2002). La FAO sostiene que hay cultivos que toleran concentraciones de sal en el extracto de saturación mayores a 10 g/L. Otros solo a 5 g/L y los sensitivos a valores menores a 2,5 g/L.

Mogollón *et al.* (2014), indican que una manera efectiva de eliminar sales del suelo, es mediante el lavado. Esta práctica consiste en originar un flujo de agua descendente a través del perfil de suelo, para arrastrar las sales. El suelo se lava tanto vertical como horizontalmente, a medida que el agua se infiltra en la profundidad.

Colacelli (2000), menciona que la recuperación de un suelo salino o alcalino se realiza con el fin de recuperar su capacidad productiva; la incorporación de acciones mecánicas, mejoradores químicos, biológicos, hidrotécnico, es de acuerdo al análisis químico y físico del suelo, las sustancias que pueden ser usadas como correctores en suelos salinos y alcalinidad se muestran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Enmiendas químicas empleadas en la corrección de suelos salinos.**

	<b>T/ha</b>
Azufre	1.00
Yeso agrícola	5.35
Cal molida	3.13
Ácido sulfúrico	3.06
Sulfato ferroso	8.69
Sulfato de aluminio	6.94
Pulisulfuro de calcio	4.17

### **1.5.11 Carbonato de calcio y sulfato de calcio.**

Las rocas carbonatadas o calcáreas corresponden a variedades pétreas con una amplia aplicación en la industria, siendo la fabricación de cemento la mayoría demandante. El empleo de estas rocas dependerá de las propiedades mineralógicas y características físico químicas que posean. La utilización con fines agrícolas de esta variedad de rocas, constituye un porcentaje muy bajo en los países iberoamericanos (Ponce y Gambaudo, 2014).

El sulfato de calcio o yeso agrícola, es un producto natural que se encuentra en numerosos yacimientos en todo el mundo, la mayoría de ellos provenientes de rocas evaporitas sedimentarias. El yeso también se obtiene como subproducto de los procesos industriales de producción del ácido fosfórico, en la fabricación de fertilizantes como el súper fosfato triple y fosfatos amónicos. En este proceso la roca fosfórica es atacada con ácido sulfúrico obteniéndose ácido fosfórico y yeso.

La enmienda más frecuentemente empleada es el yeso, por ser de menor costo. Es de acción rápida y es usada en suelos carentes de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y carbonato de magnesio ( $\text{MgCO}_3$ ). El carbonato de calcio estabiliza los agregados en los suelos con porcentajes de sodio intercambiable (PSI) menor a 20 (Barriga, 2003). El silicio también coadyuva a la solución de los problemas ocasionados por la salinidad al aumentar la resistencia de la planta, aliviando el estrés causado por el sodio (Quero, 2008).

El yeso es una enmienda que se agrega al suelo sea como fuente de nutriente o para mejorar propiedades del suelo, es soluble en agua y es 100 veces más soluble que la piedra caliza en pH neutro. Cuando se adiciona al suelo existen factores que dependen mucho de su solubilidad incluyendo el tamaño de las partículas, la humedad del suelo y las propiedades edáficas. La disolución del yeso en el agua libera  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ , sin tener significativamente impacto directo en el pH del suelo. En suelos con exceso de sodio (Na), el Ca que se libera del yeso tiende a unirse con mayor afinidad que el sodio en los sitios de intercambio, liberando el sodio que se lixivia de la zona radicular, cuando se utiliza para la recuperación de suelos con alto contenido de sales (IPNI, 2014).



En casos donde el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de los suelos sódicos es demasiado alto, éste debe ser disminuido para el mejoramiento de los suelos y un mejor crecimiento de los cultivos. La forma más económica es añadir yeso, el cual suministra calcio. El calcio reemplaza al sodio que persiste en los sitios de unión con la arcilla. El sodio puede entonces ser blanqueado del suelo como sulfato de sodio a un sumidero. El sulfato es el residuo del yeso. Sin el yeso, el suelo no sería lixiviable. Además, el yeso disminuye el pH de los suelos sódicos, o suelos próximos a sódicos con valores de más de 9, pero por lo general de más de (8) a valores de entre 7.5 a 7.8. Estos valores están en el rango de aceptabilidad, para el crecimiento de la mayoría de las plantas de cultivo (Heredia, 2013).

Entre las sustancias denominadas mejoradoras, que se utilizan para la recuperación de algunos suelos sódicos, con la finalidad de intercambiar sodio por calcio en la solución del suelo, se tiene a la caliza por poseer baja solubilidad en el suelo. La caliza es más comúnmente utilizada y se obtiene de depósitos naturales, la caliza se identifica como carbonato de calcio, debido a que es el constituyente de mayor proporción (Hernández y López, 2011).

En estudios realizados con óxido de calcio más leonardita con dosis de 4 L/ha + 15 kg/ha se obtuvo el mayor rendimiento de grano paddy, de igual forma aplicando carbonato de calcio se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a disminución de la conductividad eléctrica del suelo, así como regularización del pH (Hernández y López, 2011).

Estudios realizados en suelos salinos del litoral ecuatoriano dedicados al cultivo de arroz bajo riego, donde se aplicaron cinco enmiendas cálcicas del suelo  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaSiO}_4$  y zeolita, en cinco dosis. El estudio se desarrolló en invernadero y consistió de dos fases. La primera tuvo una duración de cuatro meses y la segunda cinco meses. En la primera fase se evaluaron los cambios en la CE, pH de la solución y fertilidad del suelo; para la segunda fase se trasplantaron plántulas de arroz sobre los suelos tratados e incubados con las enmiendas para determinar las variaciones en las características fisiológicas de la planta, nutrición y producción de materia seca. Se concluyó que la salinidad de los suelos se debe a la presencia de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y principalmente  $\text{Mg}^{2+}$  y el uso de enmiendas en general mejoraron las características químicas de los suelos y

fisiológicas de las plantas. Disminuyendo la CE de la solución del suelo y las cantidades de Na, Mg en relación al K y Cl respecto al B, en los tejidos del arroz (Cedeño, 2015).

### **1.5.12 Vinaza**

Uno de los subproductos de la obtención del alcohol (etanol), a partir de la melaza de la caña de azúcar, son las denominadas vinazas. Estas poseen un pH bajo (entre 4 y 5), elevada carga orgánica (lo que implica una Demanda Bioquímica de Oxígeno, entre 40.000 y 60.000 mg O<sub>2</sub>/L) y alta concentración del ión potasio (K<sup>+</sup>). Otro problema asociado a las vinazas es el gran volumen que se genera. En efecto, por cada litro de alcohol producido se generan entre 10 a 13 litros de vinazas. Así, una destilería que produce 100 m<sup>3</sup> de etanol por día, genera entre 1.000 a 1.300 m<sup>3</sup> (o 1.000.000 a 1.300.000 litros) de vinazas (Vadivel *et al.*, 2014).

La vinaza puede mejorar el estado nutricional del suelo, principalmente de potasio y materia orgánica, también las propiedades físicas del mismo, puede incrementar la conductividad eléctrica y el pH de los suelos ácidos; esta enmienda puede sustituir parcial o totalmente la fertilización química (Morales *et al.*, 2014).

A largo plazo, las aplicaciones de vinaza incrementan la saturación del potasio, la capacidad de intercambio catiónico, las concentraciones de Zn, Cu, Fe, Mn, pH, conductividad eléctrica, carbono y nitrógeno orgánico, entre otros (Da Silva, 2014).

### **1.5.13 Compost.**

Es un compuesto orgánico producido a partir de la basura urbana, aunque preparado técnicamente puede ser aplicado al suelo mejorando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas de ahí surge la denominación de abono orgánico, fertilizante orgánico o acondicionador de suelo; sin embargo, no sustituye el fertilizante químico. Además de su aprovechamiento agrícola de materia orgánica y reciclaje de nutrientes para el suelo también permite la eliminación de patógenos y un proceso ambiental seguro (Visitación, 2009).

La aplicación de materia orgánica en suelos salinos acelera la lixiviación de Na<sup>+</sup>, y disminuye la conductividad eléctrica (CE) (Aydin *et al.*, 2012). Al respecto, Tejada *et al.* (2006), determinaron que la aplicación de compost y guano de pollo

mejoraron las propiedades físicas, químicas y biológicas, favoreciendo la aparición de vegetación, lo que puede ser una buena estrategia para remediación de suelos salinos. Por su parte, Ay-din *et al.* (2012), reportan que los ácidos húmicos son muy efectivos como acondicionadores de suelos para mejorar la tolerancia de los cultivos a condiciones salinas.

Por otro lado, se señala que las aplicaciones de sustancias húmicas de compost incrementan el rendimiento, reducen la proporción de  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  en el tejido de las hojas y en los frutos se reduce la concentración de nitratos. Los compost contienen considerables cantidades de nutrimentos que pueden suplementar la nutrición de plantas. El cultivo de arroz admite todo tipo de compost, fino y grueso. La dosis de aplicación de compost para este cultivo está en un rango entre 15 y 50 t/ha. La aplicación puede realizarse en distintas fases de preparación del sustrato (Rodríguez *et al.*, 2009).

#### **1.5.14 Zeolitas.**

Las zeolitas son una familia de minerales aluminosilicatos de alta capacidad de intercambio catiónico y afinidad por el  $\text{NH}_4^+$  (Olguín, 2011). Este aluminosilicato hidratado cristalino con estructuras tridimensionales se caracteriza por tener la habilidad de retener y liberar agua e intercambiar iones metálicos sin modificar su estructura atómica. Debido a ello, existe evidencia que demuestra su potencial para la descontaminación de metales desde medios edáficos y acuáticos (Leggo, 2006). Así mismo, al ser altamente hidrofílica, la zeolita facilita la absorción de nutrientes por las plantas, ya que éstos son tomados por las raíces al estar disueltos en agua (Rehákova *et al.*, 2004). Cabe destacar que el uso de zeolita, aun cuando modifica favorablemente la capacidad de intercambio iónico de los suelos, no altera otras propiedades físicas de ellos (Leggo, 2006).

De acuerdo con estudios realizados sobre la capacidad que tiene la zeolita de absorber el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) de mezclas gaseosas y el catión  $\text{NH}_4^+$  de soluciones sólidas en el trabajo se estudia la posibilidad de intercambiar parte de los cationes móviles o intercambiables de la clinoptilolita por cationes  $\text{NH}_4^+$ . Esto posibilita que, poniendo esta zeolita modificada, de esta manera en un medio como tierras de cultivo con un alto contenido de cationes  $\text{Na}^+$ , ocurra el mecanismo inverso; es decir, que los cationes  $\text{Na}^+$  de la tierra puedan en un grado apreciable

ser intercambiados por los cationes de amonio y de esta forma disminuir el potencial químico de dicho catión en los terrenos, mejorando la absorción de los nutrientes a la planta (Lemic, 2006).

Las zeolitas son aluminosilicatos con estructuras tridimensionales tetraédricas compuestos de Si y Al, lo que le da la forma de cavernas, canales, poros y cavidades, tienen enlaces muy rígidos por todas direcciones, por tal razón cuando se sumergen en agua no se hinchan y los tamaños de los canales son de mucha importancia, porque su intercambio iónico se efectúa a través de ellos; hay reportes de su uso en la agricultura en cultivos como arroz, cebada, maíz, frijol, sorgo forrajero y hortalizas, siendo estos cultivados en suelos arenosos, limosos, arcillosos, francos, franco arenosos y franco arcillosos (Gonzales *et al.*, 2012).

El potencial de la clinoptilolita (tipo de zeolita) cumple la función de mejorador y fertilizante de lenta liberación, por su alta CIC y su afinidad por  $K^+$  y  $NH_4^+$ , permitiéndole capturar el  $NH_4^+$  en los canales que forman su estructura, evitando la oxidación del nitrato por bacterias nitrificantes, reduciendo pérdidas por lixiviación, también actúan como reservorios de amonio, disminuyendo su toxicidad cuando se hacen excesivas aplicaciones de urea. La afinidad que tienen las zeolitas por el amonio ha hecho que países de Latinoamérica y el Caribe puedan elevar sus rendimientos en cultivos como papa y tomate (Gonzales *et al.*, 2012).

#### **1.5.15 Leonardita.**

La Leonardita es una forma oxidada de lignitos de carbón, la misma que se ha utilizado para la extracción de ácidos húmicos en los últimos años (Sugier *et al.*, 2013). La Leonardita es un material complejo constituido predominantemente de carbono (55 % en peso), y materiales húmicos (moléculas orgánicas complejas como carboxilos, hidroxilos y carbonilos).

Los ácidos húmicos son compuestos naturales que se encuentran como componentes de la turba, lignito y sapropel (Sivakova *et al.*, 2010), son un material orgánico rico en carbón, originado de la combustión incompleta de combustibles fósiles, de la vegetación y del intemperismo de rocas de grafito ricas en carbón. La oxidación de los carbones en la naturaleza es un proceso complejo de múltiples etapas de reacciones heterogéneas del estado de la masa. Es bien conocido que

el proceso comienza con la oxidación de la superficie y la formación de un álcali soluble, ácidos húmicos y una pequeña cantidad de dióxido de carbono, agua, agua ácida y sustancias solubles. El proceso termina con la formación de productos solubles de bajo peso molecular, dióxido de carbono y agua. Las sustancias húmicas derivadas de leonardita o turba están compuestas de estructuras cíclicas, principalmente aromáticas, son de altos pesos moleculares y aunque de orígenes diferentes, comparten un tipo común de estructura.

Algunos autores (Varanini *et al.*, 1995; Dubbini 1995; Chukov *et al.*, 1996) han observado efectos “bioprotectores” por la aplicación de sustancias húmicas sobre cultivos que se desarrollan en condiciones de estrés, entre ellos, el salino. Se muestra que aplicaciones de sustancias húmicas reducen los efectos negativos sobre los cultivos, de dosis elevadas de fertilizantes minerales. Los mecanismos a través de los cuales las sustancias húmicas actúan como bioprotectores no están claramente establecidos, aunque se apunta hacia la presencia en ellas de radicales libres estabilizados y a su actividad paramagnética (Chukov *et al.*, 1996) como los causantes del papel fisiológico de estos materiales, a través de su intervención en algunas rutas metabólicas del vegetal como la cadena respiratoria, en la cual actuarían como donadores de electrones.

#### **1.5.16 Porquinaza.**

El estiércol de cerdo ha sido un elemento fundamental en el desarrollo de la economía por su valor fertilizante; por lo tanto, puede considerarse como algo íntimamente vinculado al desarrollo natural de los suelos agrícolas (Estrada, 2007).

Como cualquier otra materia orgánica, aporta elementos como nitrógeno (básico en la producción agrícola), fósforo, potasio y otros elementos menores; igualmente, su pH es casi neutro, ideal para mejorar la calidad de los suelos ácidos. (León, 1995).

El mismo autor considera, que la práctica de utilización de la porquinaza para el abonamiento de potreros se ha difundido en forma acelerada gracias a los múltiples efectos benéficos: aporte de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, B y Cu, principalmente), rápida biodegradabilidad, mejoramiento de las condiciones físicas que permiten una mayor conservación de humedad, e incremento de la

población microbiana del suelo. Estas bondades permiten una alta producción de pastos con mínimo costo de fertilización.

Muñoz (1983), citado por Estrada (2007) dice: “muchos son los efectos benéficos producidos por porquinaza en el desarrollo de las plantas; los cuales se pueden atribuir, entre otros, a que son materiales de rápida degradabilidad y portadores de nutrientes como N, P, K, Ca, Mg, B, Fe, Mn, Zn, y Cu; a la presencia de microorganismos que enriquecen y activan la población del suelo y al contenido de sustancias reguladoras del crecimiento; hay efectos benéficos sobre la estructura del suelo y la retención de humedad”.

## **1.6 Hipótesis**

H<sub>0</sub>= Las enmiendas orgánicas no son alternativas para el manejo de suelos afectados por salinidad en el cultivo de arroz.

H<sub>a</sub>= Las enmiendas orgánicas son una alternativa para el manejo de suelos afectados por salinidad en el cultivo de arroz.

## **1.7 Metodología**

### **1.7.1 Método de estudio**

Para realizar este trabajo se investigó en sitios web, toda la temática correspondiente al manejo de suelos afectados por salinidad mediante el uso de enmiendas orgánicas en el cultivo de arroz.

### **1.7.2 Métodos de investigación**

La investigación se basó en obtener la información necesaria del manejo de suelos afectados por salinidad mediante el uso de enmiendas orgánicas en el cultivo de arroz, haciendo uso del método deductivo.

### **1.7.3 Factores de estudio**

Los factores de estudio que se tomaron en cuenta en el presente trabajo son los siguientes:

- Cultivo de arroz
- Salinidad
- Enmiendas orgánicas



## **CAPÍTULO II**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1 Desarrollo del caso**

El cultivo de arroz, es uno de los cereales de mayor consumo mundial, y para obtener un producto de buena calidad es necesario llevar un adecuado manejo del cultivo. Para los productores en zonas afectadas por salinidad, el manejo de esta problemática es de suma importancia para obtener buenos resultados al momento de la cosecha.

El presente documento tuvo como finalidad, recolectar información referente en cuanto al manejo de salinidad y en uso de enmiendas orgánicas, en el cultivo de arroz realizando investigaciones en sitios web, revistas, y libros.

#### **2.2 Situaciones detectadas (hallazgo)**

La salinización causa efectos negativos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El sodio en exceso, en los suelos provoca la degradación y la desertificación de las tierras, lo que es limitante para el desarrollo de los cultivos. Es tóxico a las plantas y disminuye el potencial osmótico del suelo, provoca una separación de las láminas de arcilla, facilitando un hinchamiento en los agregados y su dispersión.

Las investigaciones realizadas han demostrado que, para mitigar este problema, se podrían incorporar enmiendas orgánicas como el estiércol, compost, abono verde y la adición de C, N y P; este tipo de enmiendas deben conseguir un efecto positivo en el suelo, como formación de agregados, estabilidad estructural, incrementar la retención de humedad y proporcionar alimento a los microorganismos.

#### **Efectos del uso de enmiendas orgánicas en el cultivo de arroz**

El uso de enmiendas orgánicas como fuente de fertilización y corrección de suelos salinos puede ser una alternativa muy conveniente económica y productivamente, ante el uso de fertilizantes convencionales.

Según la Universidad de Talca (2012), realizó experimentos en campo donde se evaluaron los efectos producidos por el uso de enmiendas orgánicas como porquinaza y guano broiler en comparación de fertilizantes convencionales aplicados en el cultivo. Se evaluaron componentes de producción y rendimiento, los resultados obtenidos indicaron que al realizar aplicaciones de enmiendas orgánicas (guano de broiler y porquinaza) se observó que el rendimiento del grano y producción fueron similares a la de aplicación convencional, pero, en comparación de producción en suelos salinos se observaron resultados relevantes como respuesta a la aplicación de enmiendas orgánicas ya que ayuda gradualmente a la mejora del suelo, ayudando a corregir el suelo estructuralmente, física, química y biológicamente mitigando la salinidad del mismo que limita su producción.

## **2.3 Conclusiones**

Por lo expuesto se concluye que:

1. El uso de enmiendas orgánicas puede ser útil en el manejo de suelos irrigados con aguas salinas, ya que estas enmiendas demostraron mayor absorción de nutrientes.
2. El manejo de salinidad está enfocado en utilizar diferentes técnicas que buscan minimizar el impacto económico y social, este se hace con el uso responsable de productos agroquímicos y orgánicos los cuales favorecen a una agricultura sustentable.
3. Las enmiendas orgánicas poseen efectos positivos sobre el suelo y por sus características químicas poseen un buen potencial para la remediación de la sodicidad.

## **2.4 Recomendaciones**

- Realizar investigaciones que permita evidenciar la eficiencia de las diferentes técnicas que se utilizan en el manejo de la salinidad.
- Promover capacitaciones al sector agropecuario para que los productores obtengan un mayor conocimiento y empleen las técnicas del manejo adecuado de salinidad.
- Evitar el uso excesivo de productos químicos los cuales son perjudiciales para la salud y afectan al medio ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGRO – LIG. 2013. Ficha Técnica Informativa. (En línea). Revisado el 6 de agosto del 2020. Disponible en: <https://www.mineralstech.com/business-segments/performance-materials/bioag>
- Álvarez Córdova, E. 2018. Cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.) (en línea, sitio web), Disponible en [http://centa.gob,sv/docs/guias/granosbasicos/GuiaCenta\\_Arroz2019, pdf](http://centa.gob,sv/docs/guias/granosbasicos/GuiaCenta_Arroz2019.pdf).
- Andrade, F., Hurtado, J. 2007. Taxonomía, morfología, crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. Manual No. 66, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. E.E. Boliche.
- Aydin, A., C. Kant, and M. Turan. 2012. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. African J. Agric. Res. 7(7):1073-1086.
- Barriga, S. 2003. Diagnóstico de la salinidad de los suelos cultivados de las principales áreas bajo riego en el Ecuador. Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 185 pp.
- Bojórquez-Quintal J.E., Echevarría-Machado I., Medina-Lara F., Martínez-Estévez, M. 2012. Plants challenges in a salinized world: The case of Capsicum. African Journal of Biotechnology 11, 13614-13626.
- Cedeño E. 2015. Enmiendas para disminuir la salinidad y mejorar la fertilidad de tres suelos dedicados al cultivo de arroz de inundación. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo, Ecuador. 26-27 pp.
- Chang J. 2008. Cultivo de arroz sistema intensificado SICA-SRI en Ecuador, FUNDEC.

- Chukov, S. N. 2001. Structural and Functional Parameters of Soil Organic Matter under the Conditions of Anthropogenic Impact, St. Petersburg University Publishing House, St Petersburg.
- Colacelli, M. 2000. Uso del suelo. Editorial de la Facultad de Agronomía y Zootecnia UNT. pp 1 – 24forrajeros: Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/613/61345102.pdf>.
- Cuero, R. 2012. Hacia un sistema complementario de producción más limpia en suelos degradados por salinidad. Revista del Doctorado Interinstitucional en Ciencias Ambientales. Ambiente y Sostenibilidad, (2) 59-68.
- DA SILVA AP, BONO JA, PEREIRA FAR. 2014. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental, Campina Grande, 18:38-43.
- Degiovanni, V; Berrío, LE; Charry, RE, 2010, Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.) (en línea, sitio web), Disponible en <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/82462/origen-ff4737f6.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Díaz, O. 2006. Riego por gravedad. Programa Editorial Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- Díaz, S, Morejón, R., Lucinda, D., Castro, R. 2015. Evaluación morfoagronómica de cultivares tradicionales de arroz (*Oryza sativa* L.) colectados en fincas de productores de la provincia Pinar del Río. Cultivos Tropicales, 36, 131 - 141.
- DUBBINI, G. 1995. Interés de los bioestimulantes. Hortoinformación, 9, 50-51.
- Estrada, J. 2007. Porquinaza. Consultado el 01 de septiembre del 2020 15:00 pm Disponible en: <http://books.google.com.ec/>.

FAOSTAT. 2018. Food and Agriculture Organization statistical database. Disponible en: <http://faostat.fao.org/default.aspx> (Consultado: 10 agosto 2020).

García, G. 2012. Absorción, distribución de las sales y comportamiento del sistema antioxidante en dos genotipos de cebolla (*Allium cepa* L.) sometidas al estrés salino. Tesis de doctorado. Ciencias Agrícolas. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 28 pp.

González, L. 2005. Algunas reflexiones para el manejo sostenible de los suelos afectados por salinidad. Agricultura Orgánica de Cuba (Granma).

Heredia, L. (2013). Utilización del yeso agrícola como enmienda para suelos de la costa peruana. Lima, Perú.

Hernández D.J.; López V., J. 2011. Efecto de cuatro enmiendas de suelos salinos en la productividad del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en la zona de Yaguachi. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Agrarias. Tesis de grado. Guayaquil, Ecuador. 65 p.

Ibáñez, J., Manríquez, J. 2014. Solonetz (suelos sódicos). Consultado el 3 de agosto, 2020. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2014/02/12/144949>.

INEC. 2019. Seis cultivos con mayor producción en Ecuador (en línea, sitio web). Consultado el 6 de agosto del 2020. Disponible en <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/2018-seis-cultivos-con-mayor-produccion-en-ecuador/>

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP. 2014. Superficie de las provincias de Manabí, Guayas y El Oro con problemas de salinidad.

- IPNI. 2014. 4R de la Nutrición de Plantas. Manual para mejorar el manejo de la nutrición de las plantas. XX Congreso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo. Cuzco-Perú. 3-31 pp.
- Jenks, M. A.; Hasegawa, P. M. 2005. Plant Abiotic Stress. India. Blackwell Publishing Ltd, p. 270.
- Leggo P., Ledésert B. and Graham, C. 2006. The role of clinoptilolite in organo-zeolitic soil systems used for phytoremediation. Science of the Total Environment 363: 1-10.
- Lemic J.; Milosevich S.; Vukosenovic M. 2006 Surface modification of a zeolite and the influence of pH and ionic strength on the desorption of an amine. 71(11). 1161-1172. Serbian Chemical Society.
- León. 1995. Sistema cerdos-pastos-leche: un modelo de análisis económico y ambiental. Consultado 15 agosto. 2020. Disponible en: <file:///C:/Users/HP161la/Desktop/TESIS%20LECHUGA/colombia5.html>.
- Mogollón, J., Martínez, A., Rivas, W. 2014. Degradación química de suelos agrícolas en la Península de Paraguaná, Venezuela. Suelos Ecuatoriales. 44(1):22-28.
- MORAES BS, JUNQUEIRA TL, PAVANELLO LG, CAVALETT O, MANTELATTO PE, BONOMI A, ZAIAT M. 2014. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane biorefineries in Brazil from energy, environmental, and economic perspectives: Profit or expense? Applied Energy, 113:825-835.
- Niborski, M. 2000. El exceso de sales y sodio en los suelos de las regiones áridas y semiáridas. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. p 1 – 2.
- Olgúin, M. T. 2011. Zeolita: propiedades y características. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Departamento de Química. QE391.Z5/B67 A.

P. 18 – 1027, Col. México, D. F. p. 190.

Piedra, A., Gonzales, M. 2013. Revisión bibliográfica. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. Cultivos Tropicales. 34 (4), p. 31-42. Disponible en: <http://ediciones.inca.edu.cu> ISSN impreso: 0258-5936 ISSN digital: 1819-4087.

Ponce, B. Gambaudo, S. 2014. Las rocas carbonáticas. Instituto de Tecnología Minera Segemar. Argentina.

Pozo W., Sanfeliu T., Carrera G., 2010. Variabilidad Espacial Temporal de la Salinidad del Suelo en los Humedales de Arroz en la Cuenca Baja del Guayas, Sudamérica 23, 73-79.

Quero, E. 2008. Silicio en la producción agrícola. Consultado 25 de agosto, 2020. Disponible en: [http://loquequero.com/portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=12&Itemid=2](http://loquequero.com/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=2).

Ramírez-Suárez, W. M; Hernández-Olivera, L. A. 2016. Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas. Pastos y Forrajes,39, 235-245. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269149518001>.

Ramírez-Suárez, W. M. y Hernández-Olivera, L. A. 2016. Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas. Pastos y Forrajes, 39 (4): 235-245. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269149518001>.

Rehákova, M., Cuvanová, S., Dzivak, M., Rimár, J. and Gaval'ova, Z. 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. Solid State and Materials Science 8: 397–404.

Rodríguez, N., Cano, P., Figueroa, U., Favela, E., Moreno, A., Márquez, C., Ochoa, E., Preciado, P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate



en invernadero. Terra Latinoamericana. 27 (4). 319-327 Consultado el 26 de agosto del 2020. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57313040006>.

SINAVIMO. 2017. Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas, Obtenido de (*Oryza sativa* L.), (en línea, sitio web), Disponible en <https://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/oryza-sativa>.

SIPA. 2018. Sistema de Información Pública Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Principales cultivos - 2017. Nivel Provincial: Guayas. Visitada el 28 de agosto del 2020. Disponible en <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>.

Sivakova, L. G., N. P. Lesnikova, N. M. Kim, and G. M. Rotova. 2010. Physicochemical Properties of the Humic Substances of Peat and Brown Coal. Solid Fuel Chemistry, 2011, Vol. 45, No. 1, pp. 1–6. © Allerton Press, Inc.

Suarez, M. 2010. Efecto de enmiendas de origen químico y orgánico en condición de salinidad del agua de riego para incrementar el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.). Universidad Estatal Península de Santa Elena. Facultad de Ciencias Agrarias. Libertad, Ecuador. 20-21 pp.

Sugier, D., Kołodziej, B., Bielińska E. 2013. The effect of leonardite application on *Arnica Montana* L. yielding and chosen chemical properties and enzymatic activity of the soil. Journal of Geochemical Exploration 129: 76-81.

Torres Mata, R. A. 2013. Evaluación agronómica de cinco variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) a dos distancias en siembra directa bajo el sistema de cultivo en secano en la comunidad de Nushino Ishpingo del cantón Arajuno, provincia de Pastaza (en línea, sitio web), Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2800/1/13T0767.pdf>.

Universidad Agraria de Guayaquil (Ecuador) Ministerio de Agricultura y Ganadería, Quito (Ecuador). Programa de Modernización de Servicios Agropecuarios. 2004. La salinidad de los suelos y sus efectos en la agricultura. In Proyecto: Estudios 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, provincia del Guayas, Ecuador.

Universidad de Talca Chile. 2012. Uso de enmiendas orgánicas "bio-estabilizado de cerdo y guano broiler" como alternativa nutricional al uso de fertilizantes convencionales en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.).

VADIVEL R, MINHAS PS, KUMAR S, SINGH Y, DVK NR, NIRMALE A. 2014. Significance of vinasses waste management in agriculture and environmental quality- Review. African Journal of Agricultural Research, 9:2862-2873.

Valladares, C. 2010. Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano (en línea, sitio web), Disponible en <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf>.

Vanegas, C. 2011. Manejo de suelos salinos y sódicos. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua. p3.

VARANINI, Z. y PINTON, R. 1995. Humic substances and plant nutrition. Progress in Botany, 56, 97-116.

Visitación, L. 2009. Evaluación Química de la Calidad de Compost. Curso de Diseño de Compostaje y Evaluación de la Calidad del Compost. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú.