

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TEMA**

**Efecto de las enmiendas orgánicas-minerales para  
restablecer fertilidad de suelos arroceros en  
la zona de Santa Lucía, Provincia  
del Guayas**

**AUTOR**

**Chancay García, José Luis**

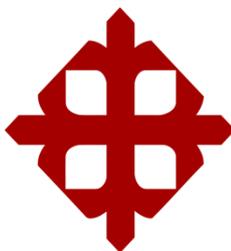
**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de  
INGENIERO AGROPECUARIO  
Con mención en Gestión Empresarial Agropecuaria**

**TUTOR**

**Ing. Donoso Bruque Manuel Enrique, M. Sc.**

**Guayaquil, Ecuador**

**Marzo de 2017**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Chancay García, José Luis** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**.

**TUTOR**

---

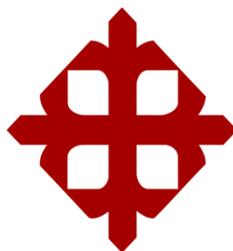
**Ing. Donoso Bruque Manuel Enrique, M. Sc.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. Franco Rodríguez John Eloy, Ph. D.**

**Guayaquil, a los 20 días de Marzo de 2017**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Chancay García José Luis**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Efecto de las enmiendas orgánicas-minerales para restablecer fertilidad de suelos arroceros en la zona de Santa Lucia, provincia del Guayas**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

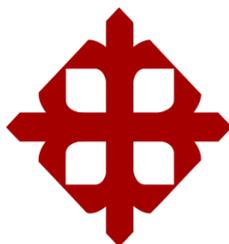
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 20 días de Marzo de 2017**

**EL AUTOR**

---

**Chancay García, José Luis**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Chancay García José Luis**

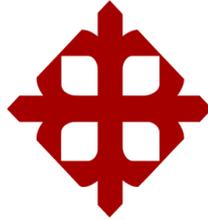
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Efecto de las enmiendas orgánicas-minerales para restablecer fertilidad de suelos arroceros en la zona de Santa Lucia, provincia del Guayas**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 20 días de Marzo de 2017**

**EL AUTOR**

---

**Chancay García, José Luis**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN URKUND**

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Titulación “**Efecto de las enmiendas orgánicas-minerales para restablecer fertilidad de suelos arroceros en la zona de Santa Lucia, provincia del Guayas**”, presentada por el estudiante **Chancay García José Luis**, de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, obtuvo el resultado del programa URKUND el valor de 0 %, Considerando ser aprobada por esta dirección.

URKUND	
Documento	<a href="#">Chancay José Luis UTE B 2016.pdf</a> (D25489210)
Presentado	2017-02-03 16:25 (-05:00)
Presentado por	ute.fetd@gmail.com
Recibido	alfonso.kuffo.ucsg@analysis.urkund.com
Mensaje	SRTTB2016 Chancay <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>
	<b>0%</b> de esta aprox. 22 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 0 fuentes.

Fuente: URKUND-Usuario Alfonso Kuffó García, 2017

Certifican,

---

**Ing. John Franco Rodríguez, Ph. D**  
Director Carreras Agropecuarias  
UCSG-FETD

---

**Ing. Alfonso Kuffó García, M. Sc.**  
Revisor - URKUND

## **AGRADECIMIENTO**

A mi tutor, el Ingeniero Manuel Donoso, quien ha sido un pilar importante en la aplicación y mejoramiento de mis conocimientos en este Trabajo de Titulación.

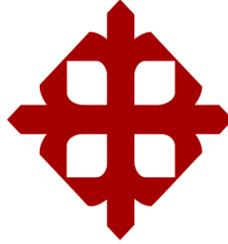
Agradezco al señor Jorge Flores por brindarme las facilidades en su hacienda para poder desarrollar este trabajo de titulación en conjunto con su personal laboral.

## **DEDICATORIA**

A mis Padres José Chancay y Rosa García quienes han sido y serán lo más importante para mí, dos seres que siempre han sabido apoyarme en todas mis adversidades, a mis hermanas Irene, Loraine, Fernanda y Zully por formar parte de mi vida y educación.

A Eva Tandayamo, a quien considero como una segunda madre, quien cuidó de mí por muchos años.

A mi novia Arelis Gonzabay quien desde ya me ha dado la alegría más grande y noble que puede existir la cual es la formación de una familia, este trabajo va dedicado a mi hijo José Emiliano.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**Ing. Manuel Enrique Donoso Bruque, M. Sc.**

TUTOR

---

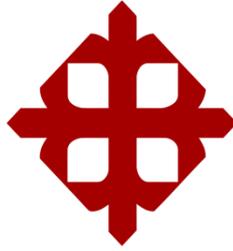
**Ing. John Eloy Franco Rodríguez, Ph. D.**

DIRECTOR DE CARRERA

---

**Ing. Noelia Carolina Caicedo Coello, M. Sc.**

DOCENTE DE LA CARRERA



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CALIFICACIÓN**

---

**Ing. Manuel Enrique Donoso Bruque, M. Sc.**

**TUTOR**

## ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
1.1 Objetivos.....	17
1.1.1 Objetivo general.....	17
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
1.2 Hipótesis.....	17
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
2.1 Cultivo de arroz .....	18
2.1.1 Origen y distribución del arroz.....	18
2.1.2 Producción de arroz en Ecuador.....	18
2.1.3 Taxonomía.....	19
2.1.4 Características de la semilla SFL 09.....	20
2.1.5 Morfología de la planta de arroz.....	21
2.2 Nutrición vegetal.....	23
2.2.1 Importancia de nutrición vegetal.....	24
2.2.2 Deficiencia de macronutrientes y micronutrientes.....	26
2.2.3 Toxicidad de micronutrientes y macronutrientes.....	26
2.3 Enmiendas.....	27
2.3.1 Importancia de las enmiendas.....	28
2.3.2 Enmiendas orgánicas.....	30
2.3.3 Enmiendas minerales.....	31
<b>3. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>39</b>
3.1 Localización del Ensayo.....	39
3.2 Condiciones climáticas de la zona.....	39
3.3 Materiales y Equipos .....	39

3.4	Tratamientos.....	41
3.5	Análisis de varianza .....	43
3.6	Metodología.....	44
3.7	Técnicas de recolección de datos.....	44
3.8	Técnicas y modelos de análisis de datos.....	45
3.9	Manejo del ensayo .....	45
3.9.1	Preparación del suelo.....	45
3.9.2	Trasplante.....	46
3.9.3	Control de malezas.....	46
3.9.4	Control de plagas y enfermedades.....	46
3.9.5	Riego.....	46
3.10	Evaluación de variables .....	47
3.10.1	Altura de la planta.....	47
3.10.2	Número de macollos por m <sup>2</sup> .....	47
3.10.3	Número de macollos con espiga por m <sup>2</sup> .....	47
3.10.4	Número de macollos sin espiga por m <sup>2</sup> .....	48
3.10.5	Longitud de la espiga (cm).....	48
3.10.6	Número de granos por espiga.....	48
3.10.7	Número de granos vanos por espiga.....	48
3.10.8	Número de granos manchados por espiga.....	49
3.10.9	Peso de 100 semillas (g).....	49
3.10.10	Rendimiento kg/ha .....	49
3.10.11	Humedad.....	50
3.11	Análisis económico.....	50
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>

4.1	Macollos totales por metro cuadrado .....	51
4.2	Macollos con espiga por metro cuadrado .....	52
4.3	Macollos sin espiga por metro cuadrado .....	53
4.4	Altura de la planta a los 30 días (m) .....	53
4.5	Altura de la planta a cosecha (m) .....	54
4.6	Longitud de espiga (cm).....	54
4.7	Granos por espiga .....	55
4.8	Granos vanos por espiga .....	56
4.9	Granos manchados por espiga .....	56
4.10	Peso de 100 granos .....	57
4.11	Rendimiento total en kg/ha.....	58
4.12	Humedad .....	59
4.13	Análisis económico.....	59
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>62</b>
5.1	Análisis económico.....	63
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>64</b>
6.1	Conclusiones .....	64
6.2	Recomendaciones.....	65

## **BIBLIOGRAFÍA.**

## **ANEXOS.**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo de mezcla tradicional de fertilizante y zeolita en 25 % para caña de azúcar .....	35
Tabla 2. Dosificaciones en gramos de enmiendas y fertilizantes químicos correspondientes a cada tratamiento. ....	42
Tabla 3. Promedio de macollos totales por m <sup>2</sup> .....	51
Tabla 4. Cuadro de análisis de la varianza. Macollos totales por m <sup>2</sup> .....	52
Tabla 5. Promedio de macollos con espiga por m <sup>2</sup> .....	52
Tabla 6. Porcentaje de macollos sin espiga en relación al macollamiento total.....	53
Tabla 7. Andeva de altura de planta correspondiente a los 30 días.....	54
Tabla 8. Andeva de altura a cosecha.....	54
Tabla 9. ANDEVA longitud de espiga.....	55
Tabla 10. Andeva granos por espiga.....	55
Tabla 11. Andeva granos vanos por espiga (%) .....	56
Tabla 12. Porcentaje de granos manchados por tratamiento. ....	57
Tabla 13. Andeva de peso de 100 granos .....	57
Tabla 14. Promedio de rendimiento en Kg/ha.....	58
Tabla 15. Análisis de varianza de rendimiento en Kg/ha .....	58
Tabla 16. Porcentaje de humedad de la cosecha.....	59
Tabla 17. Detalles de costos de fertilizantes y enmiendas por kilogramo. ...	60
Tabla 18. Costo de producción de los tratamientos.....	60
Tabla 19. Relación costo-beneficio entre tratamientos. ....	61

## RESUMEN

Con el objetivo de identificar que tratamientos son los que aumentan el rendimiento en la cosecha de arroz y cuales benefician el desarrollo de la planta se realizaron varias mezclas entre diferentes dosis de enmiendas minerales-orgánicas y fertilizantes convencionales con el fin de evaluar variables de importancia en el cultivo de arroz, implementando un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones acompañada de una prueba de Tukey al 0.05 obteniendo resultados deseados con una gran diferencia estadística con el tratamiento T4 (testigo) que fue manejado por el agricultor. El coeficiente de variación (CV) de rendimiento en Kg/Ha fue de 12.85, el análisis de granos buenos por tratamiento dio un promedio de 144.04 granos aptos para pilar correspondientes al tratamiento T2; el tratamiento T3 registró un valor de 134.08 granos buenos; el tratamiento T1 presento 124.16 granos buenos y el testigo T4 promedio 93.52 granos en buen estado.

**Palabras Claves:** Enmiendas, zeolita, silicato, roca fosfórica, arroz, rendimiento.

## **ABSTRACT**

With the objective of identifying which treatments are those that increase the yield in the rice harvest and which benefit the development of the plant several mixtures were made between different doses of organic-mineral amendments and conventional fertilizers in order to evaluate important variables in rice cultivation, implementing a completely randomized block design with four treatments and five replications accompanied by a Tukey test at 0.05 obtaining desired results with a large statistical difference with t4 treatment (witness) that was managed by the farmer. The coefficient of variation (cv) of yield in kg / ha was 12.85, the analysis of good grains per treatment gave an average of 144.04 grains suitable for pillar corresponding to the T2 treatment, T3 treatment registered a value of 134.08 good grains, the Treatment T1 presented 124.16 good grains and the witness T4 average 93.52 grains in good condition.

**Keywords:** Amendments, zeolite, silicate, phosphoric rock, rice, yield.

## 1. INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos naturales más importantes y esenciales para el desarrollo de la vida, permite fomentar la agricultura para la obtención de alimentos para el consumo humano y la producción pecuaria.

La preparación del suelo en los cultivos, es una de las actividades más importantes en especial para la siembra de arroz, ya que incide en el desarrollo y anclaje del sistema radicular de las plantas, favoreciendo a su rendimiento y en las prácticas posteriores a la siembra, como el manejo del agua y el control de insectos y enfermedades, pero al mismo tiempo el uso excesivo de la mecanización provoca la degradación del mismo, perdiendo su fertilidad.

Algunos de los correctores de suelo, que se usan como alternativa para corregir terrenos agrícolas con bajo rendimiento, son las enmiendas orgánicas-minerales, hay quienes recurren al empleo de rocas y minerales presentes en la naturaleza, estos materiales calcinados o triturados son tratados así para facilitar su asimilación por los microorganismos presentes en el suelo, especialmente las micorrizas.

Con los antecedentes expuestos, el presente trabajo tiene los siguientes objetivos

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general.**

Determinar la eficiencia del uso de enmiendas minerales y orgánicas para recuperar la fertilidad de los suelos arroceros en la zona de Santa Lucia.

### **1.1.2 Objetivos específicos.**

- Establecer la dosis más adecuada entre los tratamientos por rendimiento.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos.

## **1.2 Hipótesis**

El uso de enmiendas minerales permitirá corregir las deficiencias de macronutrientes y micronutrientes degradados por mecanización y extraídos durante el ciclo del cultivo de arroz, lo cual aumentará la absorción de los nutrientes suministrados para obtener un óptimo desarrollo y rendimiento del cultivo.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Cultivo de arroz**

#### **2.1.1 Origen y distribución del arroz.**

Según Ibarguren (2015)

Aunque en sus orígenes el arroz crecía de manera salvaje, hoy en día las variedades que se cultivan en la mayoría de los países pertenecen al tipo *Oryza*, que cuenta con una veintena de especies, de las cuales solamente dos presentan interés agrícola (p. 1-2).

- *Oryza sativa*
- *Oryza glaberrima*

#### **2.1.2 Producción de arroz en Ecuador.**

De acuerdo a los datos de la encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) para el año 2014, el arroz era el tercer producto con mayor superficie sembrada, abarcando el 15.34 % del área total bajo siembra. Con respecto a la producción, el Ecuador es autosuficiente en arroz puesto a que la producción nacional abastece satisfactoriamente la demanda nacional (Moreno, 2015, p. 1).

Las áreas arroceras se concentran (97 %) en las provincias de Guayas (63.85 %), Los Ríos (28.19 %) y Manabí (4.63 %). De la superficie restante, las provincias que han representado la mayor área sembrada en los últimos años son: El Oro y Loja; sin embargo, en el año 2014 se registra una importante caída en la superficie sembrada de arroz en la provincia de Loja y un considerable aumento de la superficie sembrada en la provincia de Orellana (Moreno, 2015, p. 1).

### **2.1.3 Taxonomía.**

De acuerdo con Andrade y Hurtado (2007, p. 11), el arroz es una fanerógama, tipo espermatófita, subtipo angiosperma.

Clase: Monocotiledónea

Orden: Glumiflorales

Familia: Gramíneae

Subfamilia: Panicoideas

Tribu: Oryzae

Subtribu: Oryzineas

Género: *Oryza*

Especie: *sativa*

### 2.1.4 Características de la semilla SFL 09

Las principales características y propiedades de la semilla SFL 09 se presentan en el siguiente cuadro.

**Tabla 1.** Detalles de la semilla SFL 09 de Pronaca

Nutrición	Dependiendo del tipo de suelo y requerimiento de nutrientes en cada finca. Se recomienda hacer análisis de suelo.
Características agronómicas	-Porcentaje de germinación: mayor a 90% -Altura de la planta: 125 cm -Macollamiento: Intermedio -Tolerante al acame -Ciclo de cultivo: 115 - 125 días promedio -Rendimiento de cultivo: 6 a 8 TM/ha
Características de Grano	-Desgrane: Intermedio -Peso de 1000 gramos en cáscara: 28 g. -Índice de pilado 62% -Grano largo: 7.2 mm descascarado -Centro Blanco: medio
Descripción	Semilla certificada de arroz de ciclo precoz, recomendada para toda época del año, ideal para diferentes tipos de siembra.
Métodos de siembra	Siembra voleo 100 kg Siembra transplante 45 kg

Fuente: Pronaca.

### **2.1.5 Morfología de la planta de arroz.**

En el manual de observaciones fenológicas elaborado por el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2012, p. 37), mencionan diez fases de desarrollo del cultivo de arroz que se describen a continuación:

#### **2.1.4.1 Etapa 0, Emergencia.**

Cuando las semillas pregerminadas luego de haber sido voleadas en el almácigo, pasado un tiempo, empiezan a emitir su primera hoja a través del coleóptilo.

#### **2.1.4.2 Etapa 1, Plántula.**

Las plantitas del almácigo presentan más de una hoja. En esta fase cuatro hojas emergen totalmente y la primera hoja muere al doceavo día

#### **2.1.4.3 Etapa 2, Macollaje.**

Aparece el primer macollo o hijuelo a partir de la yema axilar en uno de los nudos más inferiores de las plántulas trasplantadas. El momento de registro de la fase se da cuando el macollo tiene una longitud aproximada de un cm.

#### **2.1.4.4 Etapa 3, Elongación del tallo.**

El cuarto entrenudo del tallo principal, debajo de la panoja empieza a hacerse notable en longitud, hasta cuando está totalmente elongado o hasta cuando la fase fenológica de inicio de la panoja comienza.

#### **2.1.4.5 Etapa 4, Inicio de la panoja.**

Se aprecia el primordio de la panoja al removerse cuidadosamente la vaina de la hoja bandera que está alrededor del tallo principal o de un macollo, donde se podrá ver un cono blanco veloso de uno a uno punto cinco mm de longitud, denominado “punto de algodón”.

#### **2.1.4.6 Etapa 5, Desarrollo de la panoja.**

La panoja diferenciada es visible (se puede distinguir las espiguillas de la panoja) hasta cuando la punta de ella está justo por debajo del cuello de la hoja bandera.

#### **2.1.4.7 Etapa 6, Floración.**

Momento en que la panoja emerge fuera de la vaina de la hoja bandera, seguido por el proceso de floración, luego las espiguillas de las panojas se abren para que las flores contenidas en su interior puedan polinizarse y fecundarse.

#### **2.1.4.8 Etapa 7, Maduración lechosa.**

Los granos al ser presionados presentan un líquido acuoso o lechoso.

#### **2.1.4.9 Etapa 8, Maduración pastosa.**

Los granos al ser presionados se extraen de ellos una masa blanda de color blanco.

#### **2.1.4.10 Etapa 9, Maduración cornea.**

Los granos al ser presionados están duros.

En el cultivo del arroz, la temperatura es uno de los factores de clima que ejerce mayor efecto sobre el crecimiento, desarrollo y producción de la planta; la acumulación de calor constituye la energía necesaria para completar un determinado estado fenológico (Velázquez, Rosales, Rodríguez y Salas 2014).

## **2.2 Nutrición vegetal**

La nutrición apropiada del cultivo de este cereal permite la obtención de mejores resultados en la producción, ya que muchos suelos presentan deficiencias de ciertos minerales, lo que incide en la disminución de los rendimientos y una baja calidad de las cosechas (Moreno, 2016).

### **2.2.1 Importancia de nutrición vegetal.**

La nutrición vegetal, depende de cuatro factores que afectan la producción en un sitio y cultivos específicos, como son: conocer los requerimientos específicos de cada cultivo, determinar la dosis y proporción correcta de los nutrientes, la utilización de las fuentes específicas para entregar esa regulación y aplicación al suelo en el momento y la forma correcta. Todos estos factores resultan fundamentales para que esta práctica sea efectiva y eficiente (Sibaja y Urbina, 2017).

En un trabajo investigativo desarrollado por Alfonso *et al*, (2011) indican que cultivos bajo condiciones de manejo agroecológico donde se incorpore restos de cosecha de arroz en el suelo es favorable que el índice de cosecha de N sea bajo, porque la mayor cantidad de este elemento contenido en el tejido vegetal retorna al suelo y ayuda a incrementar su fertilidad y sustentabilidad.

Los compuestos de nitrógeno y fósforo son nutrientes críticos para los organismos que dependen directamente del suelo y en últimas para la cadena trófica. Dichos nutrientes determinan el desarrollo cultivos y productividad de los ecosistemas. Se requiere del entendimiento de los factores que afectan los procesos naturales y los mecanismos bióticos y abióticos involucrados con las pérdidas y disponibilidad del N y P, para el desarrollo de prácticas de manejo tendientes a su uso eficiente en la

nutrición vegetal, como también para reducir los efectos adversos de algunas prácticas agrícolas sobre la calidad del suelo y el agua (Cerón y Aristizábal, 2012).

Amador y Bernal (2012), en su trabajo investigativo donde el principal objetivo era identificar qué elementos se absorben en cada una de las etapas del cultivo de arroz concluyeron que el nitrógeno y potasio presentaron la mayor absorción en la etapa de macollamiento, mientras que el potasio fue absorbido en todas las etapas a diferencia del nitrógeno que no reporta absorción en las etapas de elongación de tallo y grano maduro.

Para Quintero *et al.*, (2011) las tasas de absorción de N son significativamente más altas en los cultivos fertilizados con Urea, Nitrato de Ca y Sulfato de amonio entre macollaje y diferenciación. Luego de la diferenciación y hasta la madurez, la tasa de absorción de N disminuye.

El Potasio es uno de los macronutrientes que se absorbe de forma ascendente durante casi todo el ciclo del cultivo hasta la maduración del grano, Al inicio del crecimiento y hasta la etapa de macollamiento activo la planta absorbe casi el 15 % del K total requerido. Desde ese momento y hasta la floración, la planta absorbe el 40 % del K total señalan Molina y Rodríguez (2012).

### **2.2.2 Deficiencia de macronutrientes y micronutrientes.**

Valladares (2011), menciona que las deficiencias de micronutrientes son mucho menos comunes que los de N, P, o K, pero pueden ocurrir bajo las siguientes condiciones:

- En suelos acídicos y arenosos que están muy lixiviados.
- En suelos con un valor pH más de 7.0 (con la excepción del molibdeno que es más disponible a los niveles de pH más bajos).
- Los suelos extensivamente cultivados y abonados sólo con los macro-nutrientes.
- Las áreas donde se cultivan los vegetales, las leguminosas y los árboles de frutas.
- Suelos orgánicos (turba).

### **2.2.3 Toxicidad de micronutrientes y macronutrientes.**

“Algunos de los elementos esenciales sin los que las plantas no podrían realizar su ciclo de vida, en altas concentraciones pueden llegar a ser tóxicos, como es el caso de los micronutrientes (hierro, manganeso, boro, zinc, cloro y níquel)” (Guerra, 2013).

“Los síntomas de toxicidad se manifiestan como necrosis en las hojas (manchas de color castaño), y disminución de biomasa radicular. Esto disminuye el crecimiento de la planta y el rendimiento del cultivo” (Guerra, 2013).

### **2.3 Enmiendas**

El uso de enmiendas orgánicas en suelos agrícolas ha sido una práctica ancestral que ha ido evolucionando en paralelo con los avances tecnológicos en la producción agrícola. En los inicios de la agricultura los guanos de origen animal y otros residuos orgánicos, como por ejemplo los residuos de cultivos, eran utilizados como única fuente de nutrientes para el suelo (Hirzel y Salazar, 2011, p. 1).

Las características físicas de la cal y el yeso (principales enmiendas), particularmente la humedad, granulometría y ángulo de reposo son más determinantes que las características químicas para la aplicación eficiente de estos materiales (Cerqueira *et al.*, 2011).

Para los productores, la humedad es el principal factor limitante que dificulta la aplicación de cal, considerando que en este material no existen límites de garantía con respecto al contenido mínimo de humedad, lo que

implica que existe gran variabilidad de valores en los productos comerciales (Cerqueira *et al.*, 2011).

Pérez, Céspedes y Núñez (2011), en un trabajo de estudio relacionado con el aprovechamiento de las enmiendas orgánicas concluyeron que los mayores contenidos en promedio de MO, N, P, K, Ca y Mg se encuentran en residuos animales en relación a los vegetales, por lo que se recomienda que al momento de elaborar enmiendas orgánicas incorporar materiales de origen animal con la finalidad de obtener un producto con mayor valor nutricional.

### **2.3.1 Importancia de las enmiendas.**

Según Sierra (2016), el uso de enmiendas es de vital importancia debido a que:

- Promueve la formación de estructura en el suelo, debido al incremento de la actividad microbiana y de la mesofauna como las lombrices. Todo esto promueve la formación y mantención de la estructura del suelo, factor fundamental para mejorar el manejo del riego. Esto determina una mejor aireación del suelo, debido al mejoramiento de la porosidad.
- Permite mantener bajas poblaciones de nemátodos, debido a que incrementa la actividad de los saprofitos presentes en

el suelo, lo que permite aumentar el control biológico de los nemátodos patógenos.

- Permite mitigar el daño por enfermedades del suelo. Esto se produce por el mismo efecto señalado para los nemátodos, a nivel de las enfermedades del suelo, es decir, por el incremento de los saprofitos que compiten con los microorganismos patógenos.
- Incrementa la retención de humedad aprovechable, factor muy importante en la mayoría de los suelos. Un kg de compost es capaz de retener su propio peso en agua, mientras que un suelo franco arcilloso no retiene más del 35 % de su peso en agua aprovechable.
- Incrementa la fertilidad química, ya que aumenta la capacidad de intercambio catiónico y aniónico del suelo (CIC y CIA).
- Actúa como un descontaminador del suelo frente a agentes contaminantes como metales pesados, aspecto muy importante en algunas zonas del país.
- Incrementa la temperatura del suelo por efecto del cambio de color (más oscuro).
- En grandes cantidades evita la compactación del suelo.
- Regula el ciclo de algunos nutrientes en el suelo, como el nitrógeno, fósforo, azufre y boro.

- También permite la quelación y la biodisponibilidad de los micronutrientes metálicos, lo que es muy positivo.
- En general tiende a mantener un pH más bajo en el suelo, lo cual es muy positivo en suelos de la zona centro norte y centro.
- Todos estos factores promueven un mejor enraizamiento de las plantas, lo que determina un mejor aprovechamiento de los fertilizantes aplicados y, en consecuencia, una productividad más estable de los cultivos en el tiempo. Como se puede apreciar, los efectos de la materia orgánica en el suelo son múltiples y, en general, su principal efecto es que tienden a mantener sistemas radicales vigorosos y sanos. Esto, a su vez, determina plantas con iguales características.

### **2.3.2 Enmiendas orgánicas.**

La práctica de uso de enmiendas orgánicas en el suelo es una alternativa a los fertilizantes inorgánicos. La adición de materia orgánica es una práctica sostenible y una alternativa útil para el cultivo, que permitan mejorar la calidad nutricional y conservar la humedad del suelo. El aumento de la materia orgánica en el suelo mejora la disponibilidad de nutrientes y la infiltración de la lluvia, controlando la escorrentía y reduciendo la erosión hídrica. La principal ventaja de esta práctica es que la frecuencia de riego

puede ser reducida, disminuyendo los impactos negativos de la aplicación intensiva de agroquímicas, no obstante, el uso de enmiendas orgánicas está asociado con altos costos de mano de obra (FAO, 2014).

### **2.3.3 Enmiendas minerales.**

#### **2.3.3.1 Silicio.**

El Silicio ( $\text{SiO}_2$ ), no está clasificado como un micro elemento esencial en la agricultura. Sin embargo, un buen cultivo de arroz toma del terreno de 500 a 1000 kg/ha de Óxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ) en cada cosecha, e incluso más. El Silicio es absorbido por las plantas en forma de Ácido Monosilícico  $\text{Si}(\text{OH})_4$  y transportado igualmente, a través del xilema, siendo su distribución en la planta dependiente de los órganos involucrados. Después de solidificarse debajo de la cutícula, sobre las células epidérmicas, el Silicio se vuelve inmóvil dentro de la planta de arroz (SEPHU, 2012).

##### *2.3.3.1.1 Efecto de las aplicaciones de silicio en las plantas y en el suelo.*

En el suelo, las aplicaciones de Silicio afectan de manera destacada los stress minerales. Estos stress pueden clasificarse en deficiencias de elementos esenciales o el exceso de estos elementos. Muchos reportes han mostrado los beneficios de aplicaciones de Si bajo condiciones de excesos

de Fósforo, Sodio, Manganeso, Nitrógeno y Aluminio, y bajo condiciones de deficiencias de Fósforo (Ruiz, 2014).

En las plantas, los efectos benéficos del Silicio han sido reportados en una amplia gama de cultivos bajo stress biótico y abiótico. En presencia de Silicio, las hojas, tallos y panículas de arroz muestran un crecimiento erecto promoviendo una mejor distribución de luz en el canopy. En cucurbitáceas, la senescencia de las hojas se retarda, haciendo que las hojas luzcan más verdes y con mayor área foliar (Ruiz, 2014).

Quero (2007) citado por Palacios (2012, p.10), dice que la extracción de silicio orgánico es posible mediante la técnica de pirolisis, el material base es la quema de la cascarilla del arroz (*Oryza sativa*), materia que actualmente desperdician las piladoras, técnica y producto que se empieza a aplicar en Ecuador, con preferencia en los cultivos de; hortalizas, arroz, caña de azúcar, palma aceitera, maíz, banano, soya, flores, papaya.

El silicio ayuda a resistir el ataque de plagas y enfermedades sin embargo, en un experimento realizado por Furcal y Herrera (2011), no se encontró diferencia estadística significativa a la aplicación de silicio tanto al suelo como a las hojas para la presencia de enfermedades, debido a la baja

concentración de silicio encontrada en las hojas en todos los tratamientos, la cual fue de alrededor de 3 y 2 %.

### **2.3.3.2 Zeolita.**

Las zeolitas naturales son cristales minerales de aluminosilicatos hidratados con cationes alcalinos o alcalino - térreos que tienen alta capacidad de intercambio catiónico y de hidratación y des-hidratación sin modificar su estructura porosa, tridimensional, con canales internos. Por estas características las zeolitas son minerales con la más amplia diversidad de usos, entre ellos el uso agronómico (SAGARPA, 2013, p. 4).

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA (2013) la zeolita presenta los siguiente Beneficios en la agricultura:

- La zeolita es un recurso natural abundante en México de alto potencial de aplicación en la agricultura por sus propiedades para retener y liberar los fertilizantes de manera lenta y oportuna a las plantas.
- Incrementa la capacidad de intercambio de cationes del suelo, lo que favorece la retención de los fertilizantes nitrogenados,

ello hace que se reduzca la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

- Por la cantidad de agua que retiene en su estructura porosa, la zeolita se convierte en un depósito que asegura una mejor condición de humedad en el suelo, lo que favorece al cultivo aún en época de sequía.
- A diferencia de otros mejoradores de suelo, la zeolita tiene una estructura resistente y estable que se mantiene activa en el suelo, permitiendo retener el nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes en la rizósfera para ser absorbidos por las plantas cuando estas los requieran.
- Mejora la eficiencia de aprovechamiento de los fertilizantes al evitar las pérdidas por volatilización y lixiviación.
- La aplicación de zeolita como aditivo a los fertilizantes reduce de 20-40 % la cantidad necesaria de estos para el adecuado desarrollo de los cultivos, por lo que disminuye significativamente el costo de la fertilización.
- Contribuye a reducir en 25 % la dosis de fertilización convencional.
- En cereales, hortalizas y frutales la zeolita mejora la eficiencia de aprovechamiento de los fertilizantes favoreciendo su desarrollo, lo que da como resultado un incremento en el rendimiento.

“Pequeñas dosis de 12 kg/ha (15 %) de zeolita puede mejorar la eficiencia del uso de fertilizantes nitrogenados permitiendo mediante sucesivos experimentos, recomendar una disminución en la cantidad de N a aplicar en suelos con condiciones edafoclimáticas similares, aptos para el cultivo de arroz” (Villarreal, Castillo, y Barahona, 2015).

Como la urea es el fertilizante químico más aplicado y en el que más invierten los productores, se aconseja la mezcla de 75 % urea más 25 % zeolita como mezcla base, pudiéndose adicionar a ésta los demás fertilizantes a aplicar como fosfato diamónico (DAP), cloruro de potasio (KCl) o sulfato de potasio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (INIFAP, 2014).

**Tabla 2.** Ejemplo de mezcla tradicional de fertilizante y zeolita en 25 % para caña de azúcar

Mezcla Tradicional	Mezcla Con Zeolita
200 kg de urea (cuatro sacos)	150 kg de urea (tres sacos)
100 kg de DAP (dos sacos)	50 kg de zeolita (un saco)
100 kg de KCl (dos sacos)	100 kg de DAP
	100 kg de KCl
400 kg de mezcla	400 kg de mezcla

**Fuente:** INIFAP, 2014

En un trabajo de investigación de fertilización en frejol realizado por Gorki, Sánchez, Llerena y Vásconez (2009), señala que “El menor daño de las plagas y enfermedades se registró con la aplicación de la zeolita natural en conjunto con los fertilizantes”.

Estudios realizados por Soca y Constanza, (2015) han demostrado que la presencia de zeolita aumenta la capacidad de retención de humedad por lo que el volumen de lixiviados disminuye.

El agregado de zeolitas disminuyó los valores de pH en los suelos lo que pudo haber aumentado los niveles de amonio disponibles en la solución, los cuales fueron factibles de ser lixiviados (Civeira y Rodríguez, 2011).

### **2.3.3.3 Roca fosfórica.**

El mejor indicador del desempeño agronómico de la Roca Fosfórica (RF) es la solubilidad, característica que normalmente se mide en el laboratorio usando citrato de amonio neutro, ácido cítrico al 2 % o ácido fórmico al 2 %. La solubilidad de la RF refleja las características químicas y mineralógicas de minerales específicos. El principal mineral en la mayoría de las RF es la apatita, pero ésta varía ampliamente en sus propiedades físicas, químicas y cristalográficas (IPNI, 2011).

La RF se utiliza en ocasiones en aplicación directa en agricultura orgánica. El éxito de la RF para la nutrición de los cultivos orgánicos depende en mucho de su reactividad en el suelo. El contenido total de  $P_2O_5$  que aparece en el saco es irrelevante con respecto a la reactividad de la RF en el suelo (IPNI, 2011).

El origen de la roca fosfórica tiene diferentes efectos, es así como en un ensayo técnico realizado por Solórzano (2011), indica que hay tendencia a incrementos del fósforo aprovechable del suelo con las diversas fuentes de fósforo aplicadas, y para cada fuente éste efecto tiende a ser mayor a medida que se incrementan las dosis de P. El aumento del P aprovechable del suelo es más pronunciado con las aplicaciones de súper fosfatotriple y roca carolina del norte natural y compactada, mientras que el menor efecto se obtuvo cuando se aplicó roca de Navay.

Los productos de la roca fosfórica con mayor contenido de fósforo asimilable son los procedentes de acidulación parcial con fosforita molida en malla 100 (Torrente *et al*, 2015).

Existe una amplia interacción biológica en suelo, es por eso la importancia de contar con una amplio porcentaje de materia orgánica como lo señalan Subero *et al*. (2016), debido a que el contenido de MO influye

sobre el comportamiento de PoML y este a su vez contribuye de forma más eficiente al mantenimiento del P disponible para la planta en los suelos, por medio del proceso de mineralización.

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Localización del Ensayo

El presente experimento se realizó en la Hacienda Las Canarias dedicada a la siembra de arroz y prestación de servicios de mecanización agrícola; ubicada en la parroquia “La Judith” perteneciente al cantón Santa Lucia, provincia del Guayas. Coordenadas Geográficas -1.756319, -79.901654, entre los meses de Octubre de 2016 a Febrero del año 2017.

#### 3.2 Condiciones climáticas de la zona

Precipitación media anual	1500 y 2500 mm
Temperatura media anual	25 °C
Altitud	6 msnm
Humedad relativa media anual	79 %
Suelo	Arcilloso
pH	6.4

Fuente: INIAP

#### 3.3 Materiales y Equipos

- Rollos de piola de 200 m
- Estacas de caña de 1.60 m de altura
- Regla de 1 m

- Hojas de registros
- Plumas
- Marcadores
- Sacos
- Machete
- Bomba de mochila
- Balanza
- Herbicidas
- Plaguicidas
- Semilla SFL O9 Pronaca

#### Enmiendas minerales-orgánicas:

- Zeolita
- Silicato de calcio
- Roca fosfórica
- Fertihumus
- Najoga

#### Fertilizantes químicos

- Sulfato granulado
- Nitrato de amonio
- DAP
- Muriato de Potasio

### **3.4 Tratamientos**

El trabajo consistió en suministrar diferentes dosis de enmiendas minerales y orgánicas previo a la siembra de arroz para evaluar el desarrollo agronómico del cultivo y determinar el tratamiento adecuado a nivel de campo.

El diseño estadístico fue de bloques completamente al azar con 5 repeticiones y 4 tratamientos que corresponden al uso de diferentes dosis de enmiendas y además se aplicó fertilizantes químicos como sulfato de amonio, DAP, muriato de potasio y nitrato de amonio en varias dosis para determinar su absorción y aprovechamiento durante las etapas de crecimiento del cultivo de arroz influenciado por la interacción con las enmiendas minerales.

El ensayo tuvo 5 repeticiones con un ANDEVA propuesto de la siguiente manera:

**Tabla 3.** Dosificaciones en gramos de enmiendas y fertilizantes químicos correspondientes a cada tratamiento.

Tratamientos	Dosis de enmiendas Pre - siembra	Dosis de fertilizantes 1era aplicación 10 DDT 2da aplicación 10 DD 1era 3era aplicación 10 DD 2da
T1	Roca fosfórica: 250 g Silicato de calcio: 1000 g Zeolita: 200 g Fertihumus: 400 g Najoga: 10 ml	Sulfato de amonio: 750 g DAP: 250 g Muriato de potasio: 250 g Nitrato de amonio: 750 g Muriato de potasio 250 g Nitrato de amonio: 500 g Muriato de potasio 250 g
T2	Roca fosfórica: 500 g Silicato de calcio: 750 g Zeolita: 400 g Fertihumus: 600 g Najoga: 10 ml	Sulfato de amonio: 500 g DAP: 500 g Muriato de potasio: 500 g Nitrato de amonio: 500 g Muriato de potasio 500 g Nitrato de amonio: 750 g Muriato de potasio 500 g
T3	Roca fosfórica: 750 g Silicato de calcio: 500 g Zeolita: 600 g Fertihumus: 800 g Najoga: 10 ml	Sulfato de amonio: 750 g DAP: 750 g Muriato de potasio: 750 g Nitrato de amonio: 1000 g Muriato de potasio 750 g Nitrato de amonio: 1000 g Muriato de potasio 750 g
T4 TESTIGO AGRICULTOR	TESTIGO	TESTIGO

**Elaborado por:** El Autor

### 3.5 Análisis de varianza

Cuadro de ANDEVA

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Repeticiones (r - 1)	4
Tratamientos (t - 1)	3
Error (r - 1) (t - 1)	12
Total (rt - 1)	19

Para lograr este propósito se analizó las siguientes variables:

- Altura de planta: 30 – 45 días y a cosecha.
- Número de macollos por m<sup>2</sup> a cosecha.
- Número de espigas por m<sup>2</sup> a cosecha.
- Número de granos vanos por espiga por m<sup>2</sup> – cosecha.
- Número de granos manchados por m<sup>2</sup>-cosecha.
- Peso de 100 granos
- Longitud de espiga (cm)
- Rendimiento en kg/ha.
- Humedad

### **3.6 Metodología**

Se utilizó un área total de 30 m<sup>2</sup> x 40 m<sup>2</sup> para el diseño de 20 parcelas agrupadas en 5 columna (repeticiones), cada columna estuvo formada por 4 parcelas (cada parcela de 10 m<sup>2</sup> x 5m<sup>2</sup>) y con un metro de distancia entre columnas. Cada parcela estaba dividida por un muro pequeño de barro para impedir el intercambio o traslape de enmiendas entre tratamientos.

Después de preparar el terreno y balizar el área que se utilizó, se procedió a aplicar las enmiendas en su respectiva parcela identificada con su tratamiento. Luego de 2 días de haber aplicado las enmiendas se procedió a sembrar por el método de transplante las plántulas de arroz variedad SFL 09 y se continuó con un plan de fertilización predeterminado, control de malezas, control de plagas y enfermedades en el transcurso de desarrollo del cultivo.

Se hizo seguimiento al cultivo para analizar las variables antes mencionadas y registrar las diferencias entre tratamientos.

### **3.7 Técnicas de recolección de datos**

La recolección de datos se realizó en la Hacienda Las Canarias.

Para evaluar el grado de fertilidad del suelo se analizará o estudiará el desarrollo del cultivo de arroz en sus diferentes etapas y luego se procederá a la toma de cada una de las variables serán muestreadas 10 plantas por parcela, salvo en el número de macollos y rendimiento que fue por m<sup>2</sup>.

### **3.8 Técnicas y modelos de análisis de datos**

Diseño estadístico polinomios ortogonales. Para aquellos parámetros en que sea necesario realizar comparaciones entre resultados de tratamientos, se efectuará un análisis de varianza de un factor con el 0.05 % de p.

### **3.9 Manejo del ensayo**

Antes de realizar la siembra, se procedió a recolectar una muestra de suelo en donde se efectuó el ensayo, posteriormente la muestra se llevó al laboratorio de suelos del INIAP para su respectivo análisis físico y químico.

#### **3.9.1 Preparación del suelo.**

Consistió en el pase de dos rastras antes del riego por inundación y posteriormente se procedió a realizar el fanguero, esto ayudó a obtener las condiciones necesarias para la correcta siembra.

### **3.9.2 Trasplante.**

El trasplante del semillero se efectuó con la ayuda de jornales a los 30 días de germinación, a una distancia de 0.25 cm x 0.25 cm.

### **3.9.3 Control de malezas.**

Para realizar el control de maleza del ensayo se utilizaron el método químico y el método manual. La dosis utilizada de propanil y 2-4D amina fue de 150 cc a la bomba de mochila más 100 cc de zinc.

### **3.9.4 Control de plagas y enfermedades.**

Se utilizó métodos culturales en la mayor medida posible para el control de plagas y enfermedades, posterior a eso se implementó el uso de plaguicidas con el asesoramiento del tutor a cargo en una dosis de 50 cc de cipermetrina en 25 lt de agua.

### **3.9.5 Riego.**

Se utilizó el sistema de riego por inundación de acuerdo a las necesidades hídricas presentes en las diferentes etapas del cultivo.

### **3.10 Evaluación de variables**

La evaluación de las variables se realizó de la siguiente manera:

#### **3.10.1 Altura de la planta.**

Se tomó en cuenta la altura de la planta a los 30 días después del trasplante y la altura de la planta cuando estaba apta para la cosecha, considerando la base de la planta hasta el ápice de la hoja más larga. Se utilizó una cinta métrica de 1.50 m de altura adherida a un palo de la misma altura, los datos se registraron en un cuaderno de campo.

#### **3.10.2 Número de macollos por m<sup>2</sup>.**

En un espacio de un metro cuadrado de cada parcela se procedió a contar y registrar el macollamiento total generado por los distintos tratamientos.

#### **3.10.3 Número de macollos con espiga por m<sup>2</sup>.**

En el mismo metro cuadrado se procedió a contar y registrar únicamente los macollos que originaron espigas.

#### **3.10.4 Número de macollos sin espiga por m<sup>2</sup>.**

Se registró el porcentaje de macollos por m<sup>2</sup> de cada parcela que no generaron espiga.

#### **3.10.5 Longitud de la espiga (cm).**

Cada tratamiento generó diferentes tamaños de la espiga, se tomaron como referencia 10 muestras de espiga por cada tratamiento con su respectiva repetición y posteriormente se obtuvo un promedio de longitud.

#### **3.10.6 Número de granos por espiga.**

Se procedió a contar los granos de 10 muestras de espigas de cada parcela y luego se promedió dichas muestras por tratamiento.

#### **3.10.7 Número de granos vanos por espiga.**

De la muestra tomada para contar el número total de granos por espiga, se tomaron en cuenta solo los granos vanos para ser promediados.

### **3.10.8 Número de granos manchados por espiga.**

Se contó los granos manchados de 10 muestras por parcela de cada tratamiento.

### **3.10.9 Peso de 100 semillas (g).**

Se tomaron 100 semillas al azar de cada tratamiento con su respectiva repetición para ser pesadas y posteriormente se obtuvo un promedio

### **3.10.10 Rendimiento kg/ha**

De cada parcela se procedió a dejar un metro de cada uno de sus cuatro lados para evitar el denominado efecto de borde, resultando como área de cosecha 24 m<sup>2</sup> del cual se obtuvieron todos los datos, posteriormente para calcular el peso real utilizamos la siguiente fórmula.

$$PA = \frac{Pa (100-Ha)}{100 - Hd}$$

PA: peso ajustado

Pa: Peso actual

Ha: humedad actual

Hd: humedad deseada

### **3.10.11 Humedad.**

Después de la cosecha se tomó una muestra de cada parcela para analizar el porcentaje de humedad.

### **3.11 Análisis económico.**

El análisis económico de las enmiendas y fertilizantes suministrados a cada tratamiento requirió de manera inicial el cálculo de sacos (kg) por tratamiento.

Una vez realizado el cálculo de costos de fertilización por tratamiento se procedió a realizar el cómputo de los costos de producción por tratamiento, esto incluyó los gastos operacionales como; jornales, mecanización, cosecha, control de malezas, control de plagas, cosecha y fertilización. La variable que fluctuó en todos los tratamientos fue la fertilización, mientras que las demás variables fueron fijas, es decir no variaron.

El rendimiento de la cosecha fue relacionado con el precio de sacas, lo que dio el resultado de ganancias por la venta del arroz en cascara, posteriormente se tomó en cuenta los costos de producción por tratamiento para obtener la ganancia neta por tratamiento.

## 4. RESULTADOS

Todos los resultados obtenidos en este ensayo fueron obtenidos después de la cosecha, se evaluaron las variables propuestas y se determinó el efecto de los tratamientos en cada parcela.

### 4.1 Macollos totales por metro cuadrado

Existe diferencia estadística entre los diferentes tratamientos, el testigo presentó los valores más bajos de macollamiento con un valor de 274; el tratamiento T1 mostro valores de 320 macollos; el tratamiento T2 presento un promedio 340.40 macollos y el T3 obtuvo un promedio de 352.60 macollos por metro cuadrado siendo este el más alto.

**Tabla 4.** Promedio de macollos totales por m<sup>2</sup>

<b>R T</b>	<b>R I</b>	<b>R II</b>	<b>R III</b>	<b>R IV</b>	<b>R V</b>	<b>Promedio</b>
<b>T1</b>	306	320	328	318	332	320.8
<b>T2</b>	337	349	349	325	342	340.4
<b>T3</b>	332	357	361	368	345	352.6
<b>T4</b>	254	246	285	278	307	274

**Elaborado por:** El Autor

Análisis de variable

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
<u>Macollos totales por m<sup>2</sup></u>	20	0.82	0.78	4.93

**Tabla 5.** Cuadro de análisis de la varianza. Macollos totales por m<sup>2</sup>

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p - valor</i>
<i>Modelo</i>	17901.75	3	5967.25	23.73	<0.0001
<i>tratamientos</i>	17901.75	3	5967.25	23.73	<0.0001
<i>error</i>	4023.20	16	251.45		
<i>Total</i>	21924.95	19			

**Elaborado por:** El Autor

#### **4.2 Macollos con espiga por metro cuadrado**

El tratamiento T3 presentó el promedio más alto de macollos por metro cuadrados que desarrollaron espiga con un valor de 334.40; el testigo T4 registró un valor de 256.40 macollos con espiga; el tratamiento T2 presento una media de 325.20 macollos y el tratamiento T1 con un valor de 302.60 macollos.

**Tabla 6.** Promedio de macollos con espiga por m<sup>2</sup>

	<b>R I</b>	<b>R II</b>	<b>R III</b>	<b>R IV</b>	<b>R V</b>	<b>Promedio</b>
<b>T1</b>	292	301	307	303	310	302.6
<b>T2</b>	320	335	332	310	329	325.2
<b>T3</b>	312	339	344	352	325	334.4
<b>T4</b>	235	234	263	262	288	256.4

**Elaborado por:** El Autor

### 4.3 Macollos sin espiga por metro cuadrado

El promedio de macollos que no desarrollaron espiga se registró en porcentaje, los resultados del tratamiento T1 mostraron un 5.65 % del total de macollos; el tratamiento T2 generó un valor de 4.47 % mientras que el tratamiento T3 está representado con el 5.18 % y finalmente el 6.41 % corresponde al testigo.

**Tabla 7.** Porcentaje de macollos sin espiga en relación al macollamiento total.

	R I	R II	R III	R IV	R V	Promedio
<b>T1</b>	4.57 %	5.93 %	6.40 %	4.71 %	6.62 %	5.65 %
<b>T2</b>	5.04 %	4.01 %	4.87 %	4.61 %	3.80 %	4.47 %
<b>T3</b>	6.02 %	5.04 %	4.71 %	4.35 %	5.80 %	5.18 %
<b>T4</b>	7.49 %	4.88 %	7.72 %	5.76 %	6.19 %	6.41 %

**Elaborado por:** El Autor

### 4.4 Altura de la planta a los 30 días (m)

La altura tomada a los 30 días después del trasplante presentó diferencias entre las medias del tratamiento T3 y el testigo T4 con valores de 0.75 m y 0.66 m respectivamente; mientras que el tratamiento T2 y T1 mostraron el mismo valor de altura promediada 0.72 m.

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>CV</u>
Altura a los 30 días (m)	20	0.54	0.45	4.81

**Tabla 8.** Andeva de altura de planta correspondiente a los 30 días

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p - valor</i>
<i>Modelo</i>	0.02	3	0.01	6.22	0.0053
<i>tratamientos</i>	0.02	3	0.01	6.22	0.0053
<i>error</i>	0.02	16	1.2	E-03	
<i>Total</i>	0.04	19			

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.5 Altura de la planta a cosecha (m)

El tratamiento T3 correspondiente a la mayor concentración fertilizante y enmiendas registro una altura final de 1.11 m; el tratamiento T4 por otro lado con una altura de 0.95 m fue la más baja; los tratamientos T1 y T2 presentaron una altura de 1.08 m y 1.09 m respectivamente.

**Tabla 9.** Andeva de altura a cosecha.

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p - valor</i>
<i>Modelo</i>	0.08	3	0.03	30.43	<0.0001
<i>tratamientos</i>	0.08	3	0.03	30.43	<0.0001
<i>error</i>	0.01	16	9.1	E-04	
<i>Total</i>	0.10	19			

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.6 Longitud de espiga (cm)

La longitud de espiga presento diferencias estadísticas con un CV de 2.5, el promedio de longitud del tratamiento T1 fue de 31.24 cm; el T2 registro uno de los promedios más altos con 31.58 cm; el T3 con 30.64 cm y 28.24 cm de longitud fue la más baja.

**Tabla 10.** ANDEVA longitud de espiga.

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p - valor</i>
<i>Modelo</i>	31.23	3	10.41	22.41	<0.0001
<i>tratamientos</i>	31.23	3	10.41	22.41	<0.0001
<i>Error</i>	7.43	16	0.46		
<i>Total</i>	38.67	19			

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.7 Granos por espiga

La mezcla entre las diferentes dosis de enmiendas en combinación con fertilizantes químicos dio como resultado una distinta calidad y cantidad de granos, siendo el testigo T4 uno de los tratamientos que menor número de granos obtuvo con un valor promediado de 113.54; el tratamiento T3 presentó un valor de 166.32 granos por espiga; la cantidad de 174.38 granos por espiga correspondiente al tratamiento T1 fue el más alto y el tratamiento T2 obtuvo un promedio de 173.08 granos.

Análisis de varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
<u>GRANOS POR ESPIGA</u>	20	0.97	0.96	3.26

**Tabla 11.** Andeva granos por espiga.

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p - valor</i>
<i>Modelo</i>	12680.75	3	4226.92	161.22	<0.0001
<i>Tratamientos</i>	12680.75	3	4226.92	161.22	<0.0001
<i>Error</i>	419.50	16	26.22		
<i>Total</i>	13100.24	19			

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.8 Granos vanos por espiga

El promedio de granos vanos por espiga fue del 14.1% del T1, el 10.14 % en el tratamiento T2, el tratamiento T3 presenta el 10.94 % de granos vanos y el 7.6% de granos vaneados corresponden al testigo T4.

##### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GRANOS VANOS POR ESPIGA	20	0.83	0.80	10.76

**Tabla 12.** Andeva granos vanos por espiga (%)

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p - valor</i>
<i>Modelo</i>	108.59	3	36.20	25.73	<0.0001
<i>Tratamientos</i>	108.59	3	36.20	25.73	<0.0001
<i>Error</i>	22.51	16	1.41		
<i>Total</i>	131.10	19			

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.9 Granos manchados por espiga

Del 100 % de granos por espiga evaluados de cada tratamiento, el 14.34 % de granos manchados corresponden al tratamiento T1; el tratamiento T2 registró un 5.52%; el tratamiento T3 está representado con un 8.42 % de granos manchados y el 10.04% corresponde al testigo.

**Tabla 13.** Porcentaje de granos manchados por tratamiento.

	R I	R II	R III	R IV	R V	Promedio
<b>T1</b>	15.89 %	14.2 %	14.88 %	14.84 %	13.70 %	14.70 %
<b>T2</b>	6.03 %	5.78 %	4.8 %	5.6 %	5.44 %	5.53 %
<b>T3</b>	8.87 %	8.75 %	7.68 %	7.71 %	9.11 %	8.42 %
<b>T4</b>	10.15 %	9.73 %	8.85 %	10.9 %	10.62 %	10.05 %

**Elaborado por:** El Autor

#### **4.10 Peso de 100 granos**

La concentración de zeolita, silicato de calcio, roca fosfórica y fertihumus asociadas con fertilizantes químicos fueron determinantes en el peso de los granos dando como resultado que el tratamiento T1 los 100 granos pesados fue de 2.49 gramos; en el tratamiento T2 el peso fue de 2.71 gr; el peso de los 100 granos del tratamiento T3 fue de 2.54 y el peso en el testigo T4 fue de 2.62.

Análisis de varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
<u>PESO DE 100 GRANOS</u>	20	0.88	0.81	1.70

**Tabla 14.** Andeva de peso de 100 granos

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p - valor</i>
<i>Modelo</i>	0.17	3	0.02	12.48	<0.0001
<i>Tratamientos</i>	0.14	3	0.01	3.28	<0.0001
<i>Error</i>	0.02	16	2.0	24.74	
<i>Total</i>	0.19	19			

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.11 Rendimiento total en kg/ha

Para poder realizar la conversión de rendimiento a Kg/Ha se utilizó la fórmula antes mencionada en el punto 3.10.10, en la cual se utilizó datos como peso real obtenido, humedad obtenida, humedad deseada, con esa referencias planteadas dio como resultado los datos que se pueden visualizar en la tabla 14.

**Tabla 15.** Promedio de rendimiento en Kg/ha

	R I	R II	R II	R IV	RV	Promedio
T1	7.55	7.91	8.57	7.55	8.30	7.98
T2	9.20	9.27	9.63	8.99	9.28	9.27
T3	8.76	9.00	8.60	8.79	9.27	8.88
T4	3.50	5.47	4.65	3.94	8.37	5.18

**Elaborado por:** El Autor

**Tabla 16.** Análisis de varianza de rendimiento en Kg/ha

<i>F.V</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p - valor</i>
<i>Modelo</i>	51.04	3	17.01	16.80	<0.0001
<i>Tratamientos</i>	51.04	3	17.01	16.80	<0.0001
<i>Error</i>	16.21	16	1.01		
<i>Total</i>	67.25	19			

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.12 Humedad

La Humedad se tomó posterior a la cosecha y las 20 parcelas presentaron un promedio de 21.31% de humedad.

**Tabla 17.** Porcentaje de humedad de la cosecha

	<b>R I</b>	<b>R II</b>	<b>R III</b>	<b>R IV</b>	<b>R V</b>	<b>Promedio</b>
<b>T1</b>	20.30 %	21.50 %	22.70 %	22.70 %	20.50 %	21.54 %
<b>T2</b>	20.30 %	21.50 %	20.40 %	21.60 %	20.60 %	20.88 %
<b>T3</b>	20.35 %	21.40 %	20.40 %	21.60 %	22.40 %	21.23 %
<b>T4</b>	20.27 %	21.40 %	21.30 %	22.60 %	22.40 %	21.59 %

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.13 Análisis económico

El presente trabajo de investigación requirió de la aplicación de fertilizantes químicos y enmiendas con la finalidad de evaluar el rendimiento de cosecha, para lo cual se administró al cultivo los mismos elementos pero en diferentes dosificaciones por cada tratamiento.

El detalle de costos de fertilizantes y enmiendas por hectárea se puede apreciar en la Tabla 17, donde el uso de las distintas dosificaciones presento una diferencia de costos de USD \$ 82.6 entre el tratamiento T1 y T2; entre los tratamientos T2 y T3 el valor fue de USD \$ 220.06, para los tratamientos T1 y T3 existió una diferencia de \$302.66.

**Tabla 18.** Detalles de costos de fertilizantes y enmiendas por kilogramo.

Producto	Peso kg	Precio unitario (USD)	Sacos/ha					
			T1	Precio total (USD)	T2	Precio total (USD)	T3	Precio total (USD)
Silicato de calcio	50	\$ 10.50	4	\$ 42.00	2	\$ 21.00	3	\$ 31.5
fertihumus	40	\$ 7.50	2	\$ 15.00	2	\$ 15.00	3	\$ 22.5
Zeolita	40	\$ 6.80	1	\$ 6.80	2	\$ 13.60	3	\$ 20.4
Roca fosfórica	50	\$ 19.50	1	\$ 19.50	2	\$ 39.00	3	\$ 58.5
Najoga	1lt	\$10.00	1	\$10.00	1	\$10.00	1	\$10.00
Sulfato de amonio	50	\$ 18.90	3	\$ 56.70	2	\$ 37.80	3	\$ 56.7
DAP	50	\$ 32.12	1	\$ 32.12	2	\$ 64.24	3	\$ 96.36
Muriato de potasio	50	\$ 21.36	3	\$ 64.08	6	\$ 128.16	9	\$ 192.24
nitrate de amonio	50	\$ 20.22	5	\$ 101.10	5	\$ 101.10	8	\$ 161.76
Total				\$ 347.30		\$ 429.90		\$ 649.96

**Elaborado por:** El Autor

En los costos de producción de cada tratamiento los valores de las fertilizaciones fueron distintos en todo el proceso lo que generó una fluctuación de costos, lo que se relacionó con el rendimiento obtenido en la cosecha.

**Tabla 19.** Costo de producción de los tratamientos.

ACTIVIDADES	T1 (USD)	T2 (USD)	T3 (USD)
Fertilización	\$ 347.30	\$ 429.90	\$ 649.96
Control de malezas	\$ 55.00	\$ 55.00	\$ 55.00
Control de plagas	\$ 69.96	\$ 69.96	\$ 69.96
Mecanización	\$ 286.00	\$ 286.00	\$ 286.00
Cosecha	\$ 263.94	\$ 305.91	\$ 293.71
Jornal	\$ 630.00	\$ 630.00	\$ 630.00
TOTAL	\$ 1,652.2	\$ 1,776.77	\$ 1,984.63

**Elaborado por:** El Autor

En la Tabla 19 se puede apreciar la rentabilidad de cada tratamiento, el T2 presenta una relación costo-beneficio de 2.30 que sobrepasa a los demás tratamientos incluido el testigo, en función a esto se puede considerar al T2 como el tratamiento más rentable y apto para aplicar en el campo, dejando ganancias superiores al testigo.

**Tabla 20.** Relación costo-beneficio entre tratamientos.

Tratamiento	Ingresos USD	Costo USD	Rentabilidad USD	Dif. De rentabilidad		Relación c/b
				NETA USD	%	
T1	\$ 3,511.20	\$ 1,662.20	\$ 1,859.00	\$ 1,263.00	492.87	2.13
T2	\$ 4,078.80	\$ 1,776.77	\$ 2,302.03	\$ 1,387.57	609.71	2.30
T3	\$ 3,907.20	\$ 1,984.63	\$ 1,922.57	\$ 1,595.43	509.64	1.97
T4	\$ 2,279.20	\$ 1,900.00	\$ 379.20	0	0	1.19

**Elaborado por:** El Autor

## 5. DISCUSIÓN

Según Sierra (2016) las enmiendas minerales promueven un mejor enraizamiento en las plantas, lo que determina un mejor aprovechamiento de los fertilizantes aplicados, esto lo hemos comprobado ya que el tratamiento T2 muestra una mejor absorción de los fertilizantes químicos aplicados.

Así mismo SAGARPA (2013) menciona que la zeolita incrementa la capacidad de intercambio de cationes del suelo, lo que favorece la retención de los fertilizantes nitrogenados, con lo cual se reduce la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, lo que ocurrió en el presente estudio. En el tratamiento T3 donde se utilizaron dosis más altas de fuente nitrogenada hubo mayor susceptibilidad al ataque de plagas.

La FAO (2014) menciona que la adición de materia orgánica es una práctica sostenible y una alternativa útil para el cultivo, que permitan mejorar la calidad nutricional y conservar la humedad del suelo. Se pudo correlacionar lo mencionado con lo ocurrido en el Testigo T4 el cual recibió una fertilización durante todo su desarrollo sin mejorar su rendimiento, mientras que los tratamientos T1, T2 y T3 a los que se les aplicó materia orgánica en forma de fertihumus acompañados de una fertilización química hasta el día 60 mostraron rendimientos superiores al testigo.

### **5.1 Análisis económico.**

En relación a los rendimientos obtenidos en cada tratamiento y considerando la costos de fertilización seguido de los costos de producción, es rentable la aplicación y uso del tratamiento T2 que generó una ganancia de USD \$ 2,302.03 y una relación costo de beneficio de 2.30 superior a los demás tratamientos, el tratamiento T1 y T3 presentaron una rentabilidad de USD \$ 1,859.00 y USD \$1,922.52 respectivamente.

El testigo T4 manejado por el agricultor cuya rentabilidad no fue mayor a los USD \$ 379.20 corroboró que la aplicación del T2 presentó beneficios económicos muy altos, dejando a los tratamientos T1 y T3 como posibles opciones para su aplicación con una relación costo-beneficio de 2.13 y 1.97.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- Una alta fertilización nitrogenada provocó que el cultivo sea más susceptible al manchado de grano por chinches del género *Oebalus*.
- La combinación equilibrada entre enmiendas orgánicas y fertilizantes químicos como el T2 dio como resultado los valores más altos en cuanto a rendimiento en kg/ha.
- El tratamiento T3 desarrolló el mayor número de macollos pero no generaron espigas en su totalidad; así mismo tuvo un crecimiento acelerado de malezas lo que ocasionó competencia de nutrientes, agua y luz.
- Realizado el análisis económico se determinó, que el tratamiento T2 es el más rentable con una rentabilidad de USD \$ 2,302.03, mientras que el testigo T4 manejado por el agricultor presentó una rentabilidad de USD \$ 379.20 muy por debajo de los demás tratamientos.

## **6.2 Recomendaciones**

Para futuras investigaciones relacionadas al tema de este trabajo se recomienda lo siguiente:

- Realizar el análisis físico químico del suelo a sembrarse, para establecer las deficiencias y poder realizar las enmiendas y el programa nutricional apropiado para el cultivo.
- Realizar la nivelación del terreno para así evitar que se generen pendientes en donde el agua difícilmente será absorbida por las plantas.

## BIBLIOGRAFÍA

Alfonzo, N., España, M., López, M., Cabrera, E., y Abreu, P. (2011). *Eficiencia de uso del nitrógeno en arroz de secano en un suelo ácido del occidente del Estado Guárico* (1st ed., p. 217). Guarico. Recuperado de <http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v61n3-4/art04.pdf>

Andrade, F. y Hurtado, J. (2007). *Manual de cultivo de arroz* (2nd ed., p. 11). Guayaquil: INIAP. Recuperado de [https://books.google.com.ec/books?id=IXozAQAAMAAJyprintsec=frontcoverhl=esysource=gbs\\_ge\\_summary\\_rycad=0#v=onepageyqyf=false](https://books.google.com.ec/books?id=IXozAQAAMAAJyprintsec=frontcoverhl=esysource=gbs_ge_summary_rycad=0#v=onepageyqyf=false).

Amador, J. y Bernal, I. (2012). *Curva de absorción de nutrientes del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) variedad Venezuela 21, en un suelo vertisol bajo condiciones del valle de Sébaco, Nicaragua* (1st ed., p. 10). Zamorano. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1101/1/T3392.pdf>

Cerón, L. y Aristizábal, F. (2012). *Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos* (1st ed., p. 293). Bogotá. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v14n1/v14n1a26.pdf>

Cerqueira, P., Aristides, T., Sacco, W., Ikeda, R., Vitti, G., y Otto, R. (2011).

*Optimización de la aplicación de enmiendas y fertilizantes* (1st ed., pp. 1,2). Raúl Jaramillo, José Espinosa. Recuperado de [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/4A558B7BFD88DEA0852579A0006A1622/\\$FILE/InfAgro%2078%20web.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/4A558B7BFD88DEA0852579A0006A1622/$FILE/InfAgro%2078%20web.pdf)

Civeira, G. y Rodriguez, M. (2011). *Nitrógeno residual y lixiviado del*

*fertilizante en el sistema suelo-planta-zeolitas* (1st ed., p. 292).

Buenos Aires. Recuperado de

[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S1850-](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttextpid=S1850-)

[20672011000200017](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttextpid=S1850-20672011000200017)

Díaz, T., Sánchez, F., Váscquez, G., y Llerena, L. (2009). *Revista Ciencia y*

*Tecnología - UTEQ. Uteq.edu.ec.* Recuperado de

<http://www.uteq.edu.ec/revistacyt/articulo.php?idc=46yidr=6>

FAO. (2011). *Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura*

*sostenible* (1st ed., pp. 49,63,64). Roma: FAO, OIEA. Recuperado de

<http://www.fao.org/3/a-y5053s.pdf>

FAO. (2014). *Uso de enmiendas orgánicas en el suelo; Chile | TECA. Teca.fao.org*. Recuperado de <http://teca.fao.org/es/technology/uso-de-enmiendas-org%C3%A1nicas-en-el-suelo-chile>

Furcal, P. y Herrera, A. (2011). *Efecto del silicio en la fertilidad del suelo, en la incidencia de enfermedades y el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa) var CR 4477* (1st ed., p. 373). San Pedro. Recuperado de [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212013000200013](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212013000200013)

Gorki, T., Sánchez, F., Llerena, L. y Vásconez, G. (2009). *Empleo de zeolitas naturales en la fertilización y producción del fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en la zona de Quevedo*. Unidad de Investigación Científica y Tecnológica, Universidad Técnica Estatal de Quevedo,

Guerra, V. (2013). *Cuando los nutrientes esenciales se vuelven tóxicos | INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Inta.gob.ar*. Recuperado de <http://inta.gob.ar/noticias/cuando-los-nutrientes-esenciales-se-vuelven-toxicos>

Hirzel, J. y Salazar, F. (2011). *Uso de enmiendas orgánicas como fuente de fertilización en cultivos* (1st ed., p. 1). Recuperado de

[http://www2.inia.cl/medios/raihuen/Descargas/cap\\_05\\_enmiendas\\_organicas.pdf](http://www2.inia.cl/medios/raihuen/Descargas/cap_05_enmiendas_organicas.pdf)

Ibarguren, L. (2015). *Cereales estivales: ARROZ* (1st ed., pp. 1,2). Argentina. Recuperado de [http://campus.fca.uncu.edu.ar/pluginfile.php/27703/mod\\_resource/content/0/ARROZ%20-%20Lectura%20complementaria.2015.pdf](http://campus.fca.uncu.edu.ar/pluginfile.php/27703/mod_resource/content/0/ARROZ%20-%20Lectura%20complementaria.2015.pdf)

INEC. (2014). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua *ESPAC 2014*. Recuperado de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac\\_20142015/2015/Presentacion%20de%20resultados%20ESPAC\\_2015.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_20142015/2015/Presentacion%20de%20resultados%20ESPAC_2015.pdf)

INIFAP. (2014). *Uso de zeolita para reducir costos de fertilización química en agricultura*. México.

IPNI. (2011). *Uso agronómico de la roca fosfórica para aplicación directa* (1st ed., pp. 13, 15). Recuperado de [https://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/4469D11E5D4BD93D0525784E0060BF85/\\$file/Uso+agron%C3%B3mico+de+la+roca+fosf%C3%B3rica+para+aplicaci%C3%B3n+directa.pdf](https://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/4469D11E5D4BD93D0525784E0060BF85/$file/Uso+agron%C3%B3mico+de+la+roca+fosf%C3%B3rica+para+aplicaci%C3%B3n+directa.pdf)

MINAGRI. (2012). *Manual de observaciones fenológicas* (1st ed., p. 37).

Recuperado de

[http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/manual\\_fenologico.pdf](http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/manual_fenologico.pdf)

Molina, E. y Rodríguez, J. (2012). *Fertilización con N, P, K y S, y curvas de absorción de nutrimentos en arroz var. cfx 18 en guanacaste* (1st ed.).

Recuperado de

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4056989.pdf>

Moreno, (2015). *Rendimientos de arroz en cáscara en el ecuador, primer cuatrimestre del 2015* (1st ed., p. 1). Quito. Recuperado de

[http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios\\_agroeconomicos/rendimiento\\_arroz\\_2015.pdf](http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_arroz_2015.pdf)

Orellana, P. (2015). *Una nutrición apropiada del cultivo de arroz mejora resultados.* *Iniap.gob.ec.* Recuperado de

[http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com\\_contentyview=article&id=907:una-nutricion-apropiada-del-cultivo-de-arroz-mejora-resultados&catid=97&Itemid=208](http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_contentyview=article&id=907:una-nutricion-apropiada-del-cultivo-de-arroz-mejora-resultados&catid=97&Itemid=208)

Palacios, N. (2012). *Uso de tres mejoradores de retención de nutrientes en el suelo*. Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Agronómica.

Paredes, R., Ramírez, A., Osuna, E., Alamilla, P., y Mandujano, A. (2013). *Zeolitas naturales* (1st ed., pp. 4,15). Mexico. Recuperado de [http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3919/CIRCE\\_010208153800039686ok.pdf?sequence=1](http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3919/CIRCE_010208153800039686ok.pdf?sequence=1)

Pérez, A., Céspedes, C., y Núñez, P. (2011). *Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república dominicana* (1st ed., p. 26). La Vega. Recuperado de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S0718-27912008000300002](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttextpid=S0718-27912008000300002)

Quintero, M., Prats, F., Zamero, M., Arévalo, E., Blas, N., y Boschetti, G. (2011). *Absorción de nitrógeno y rendimiento de arroz con diferentes formas de nitrógeno aplicado previo al riego* (1st ed., p. 236). Buenos Aires. Recuperado de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S1850-20672011000200012++](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttextpid=S1850-20672011000200012++)

Ruiz, J. (2014). *Noticias Agropecuarias y Agrícolas del Ecuador y el Mundo – Periodico El Productor – Elproductor.com. Elproductor.com.* Recuperado 7 September 2016, de <http://elproductor.com/2014/04/24/importancia-del-silicio-en-la-fertilizacion-de-cultivos-agricolas-y-en-particular-en-la-produccion-bananera/>

SEPHU, (2012). *El silicio (SiO<sub>2</sub>) en el cultivo del arroz.* Recuperado de <http://www.silicisperu.com/pdf/silicio-en-arroz.pdf>

Sibaja, A. y Urbina, C. (2017). *Importancia de la nutrición balanceada. Tecnoagro.com.mx.* Recuperado de <http://tecnoagro.com.mx/revista/2015/no-99/importancia-de-la-nutricion-balanceada/>

Sierra, C. (2016). La importancia de las enmiendas orgánicas en los suelos (Parte I). *El Mercurio.* Recuperado de <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Noticias/2015/07/07/La-importancia-de-las-enmiendas-organicas-en-los-suelos-Parte-I.aspx>

Soca, M. y Constanza, M. (2015). *La zeolita y su efecto en la eficiencia del nitrógeno en arroz y maíz* (1st ed., p. 51). Colombia. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v32n2/v32n2a05.pdf>

Solórzano, P. (2011). *Evaluación de Roca Fosfórica Natural y Compactada en Diversos Sistemas Suelo-planta en Venezuela* (1st ed., p. 26). Barquisimeto. Recuperado de <http://venesuelos.org.ve/index.php/venesuelos/article/view/2>

Subero, N., Ramírez, R., Sequera, O., y Parra, J. (2016). *Fraccionamiento de fósforo en suelos cultivados con arroz por largos período de tiempo. II. Relación fósforo orgánico-inorgánico* (1st ed., pp. 82,83). Recuperado de [http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev28\(2\)/2.%20ms%201505.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev28(2)/2.%20ms%201505.pdf)

Torrente, A., Pérez, V., Medina, A., Bolívar, C., y Montealegre, E. (2015). *Procesos de acidulación parcial y calcinación de la roca fosfórica del huila para nuevos productos fertilizantes* (1st ed., p. 43). Huila. Recuperado de <http://revistas.sena.edu.co/index.php/raaa/article/view/199/232>

Valladares (2011). Requerimientos Nutricionales y Cálculo de Fertilizantes.

Cultivos de grano apv-350practicaculturales. Disponible en:  
<https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/requerimientos-nutricionales-y-cc3a1lculo-de-fertilizantes1.pdf>

Velázquez, J., Rosales, A., Rodríguez, H., y Salas, R. (2014). *Determinación de las etapas de inicio de macollamiento, inicio de primordio, floración y madurez en la planta de arroz, con el sistema s, v y r correlacionado con la sumatoria térmica*. Universidad de Costa Rica.

Villarreal, J., Barahona, L., y Castillo, O. (2015). *Efecto de zeolita sobre la eficiencia de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de arroz*. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 315-321. Recuperado de <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/19324/19559>

# ANEXOS

**Anexo 1.** Elaboración de rótulos de identificación de los tratamientos.



**Fuente:** El Autor

**Anexo 2.** Preparación del terreno.



**Fuente:** El Autor

### Anexo 3. Enmiendas minerales y orgánicas.



Fuente: El Autor

**Anexo 4. Identificación de dosis por tratamientos.**



**Fuente:** El Autor

**Anexo 5. Aplicación de enmiendas orgánicas-minerales.**



**Fuente:** El Autor

**Anexo 6. Siembra por trasplante, variedad SLF 09**



Fuente: El Autor

**Anexo 7. Fertilizantes químicos, dosificación de tratamientos.**



Fuente: El Autor

**Anexo 8.** Fertilización de cada parcela con su respectivo tratamiento.



**Fuente:** El Autor

**Anexo 9.** Cultivo espigado.



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 10. Cosecha manual.**



**Fuente:** El Autor

**Anexo 11. Rendimiento en Kg/24 m<sup>2</sup>**



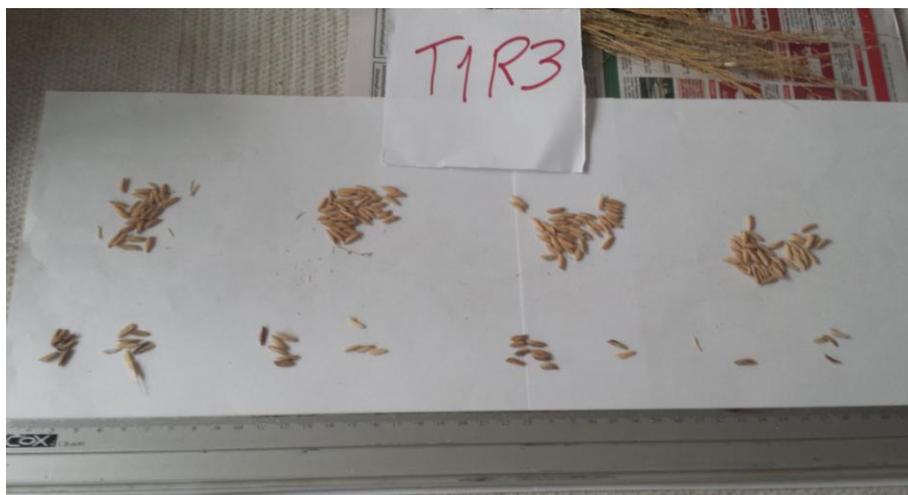
**Fuente:** El Autor

**Anexo 12.** Medición de humedad,  
Laboratorio de Semimor.



**Fuente:** El Autor

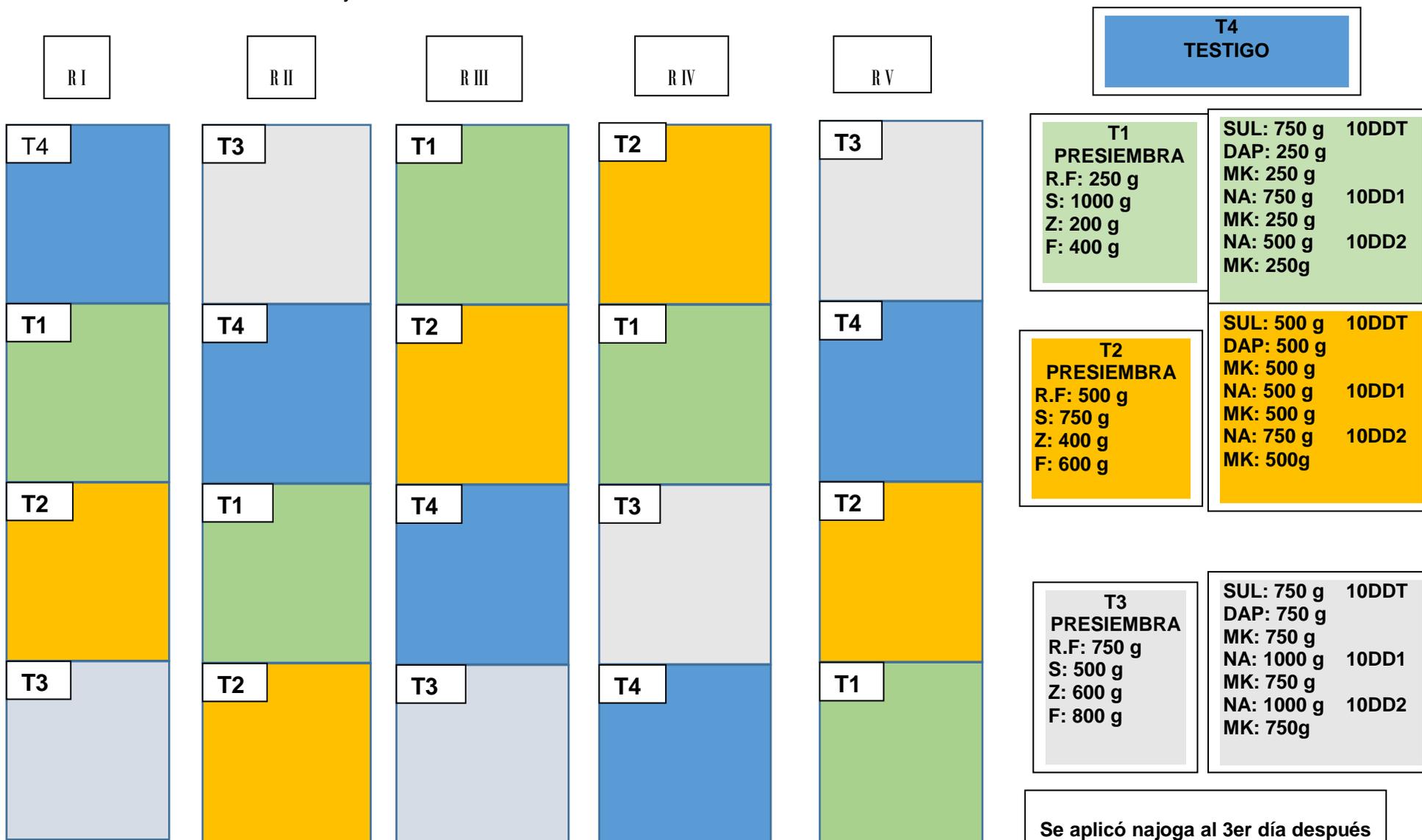
**Anexo 13.** Conteo de granos totales, granos vanos y granos manchados por espiga.



**Fuente:** El Autor

Anexo 14. Diseño del ensayo.

83



Se aplicó najoga al 3er día después de cada fertilización en todos los tratamientos.



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Chancay García José Luis**, con C.C: 0926294497 autor del trabajo de titulación: **Efecto de las enmiendas orgánicas-minerales para restablecer fertilidad de suelos arroceros en la zona de Santa Lucia, provincia del Guayas** previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **20 de marzo de 2017**

---

Nombre: **Chancay García José Luis**

C.C: **0926294497**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Efecto de las enmiendas orgánicas-minerales para restablecer fertilidad de suelos arroceros en la zona de Santa Lucía, provincia del Guayas		
<b>AUTOR(ES)</b>	José Luis Chancay García		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Donoso Bruque, Manuel Enrique M.Sc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad Técnica Para El Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Agropecuaria		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Agropecuario		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	20 de marzo de 2017	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	83
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Manejo sostenible de cultivos tropicales y producciones pecuarias		
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	Enmiendas, zeolita, silicato, roca fosfórica, arroz, rendimiento.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b>	<p>Con el objetivo de identificar que tratamientos son los que aumentan el rendimiento en la cosecha de arroz y cuales benefician el desarrollo de la planta se realizaron varias mezclas entre diferentes dosis de enmiendas minerales-orgánicas y fertilizantes convencionales con el fin de evaluar variables de importancia en el cultivo de arroz, implementando un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones acompañada de una prueba de Tukey al 0.05 obteniendo resultados deseados con una gran diferencia estadística con el tratamiento T4 (testigo) que fue manejado por el agricultor. El coeficiente de variación (CV) de rendimiento en Kg/Ha fue de 12.85, el análisis de granos buenos por tratamiento dios un promedio de 144.04 granos aptos para pilar correspondientes al tratamiento T2; el tratamiento T3 registro un valor de 134.08 granos buenos; el tratamiento T1 presento 124.16 granos buenos y el testigo T4 promedio 93.52 granos en buen estado.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-980846924	E-mail: josechancaygarcia@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Ing. Donoso Bruque Manuel Enrique M.Sc.</b> <b>Teléfono:</b> +593-991070554 <b>manuel.donoso@cu.ucsg.edu.ec</b>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			