ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Estudio de los Niveles de Fertilidad y su Influencia en la Productividad del Cultivo de Arroz (*Oryza sativa*) en el Recinto Las Maravillas del Cantón Daule"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA AGRÍCOLA Y BIOLÓGICA

Presentada por:

Dory Raquel Brito Peñafiel

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2012

AGRADECIMIENTO

A todas aquellas personas que colaboraron decididamente en la realización de este trabajo; así como a mi Director de tesis el Dr. Eduardo Chica, quien con sus conocimientos me guió en la planificación y desarrollo de la presente investigación.

DEDICATORIA

A Dios, por darme salud y sabiduría para cumplir con éxito una de mis metas.

A mis padres, Mercedes Peñafiel y Ernesto Brito, por su abnegación y esfuerzo.

A todos mis seres queridos, por su constante apoyo.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gustavo Guerrero M.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Dr. Eduardo Chica M.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Carlos Burbano V.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Dory Raquel Brito Peñafiel

RESUMEN

Esta investigación estuvo orientada a evaluar el efecto de 4 planes de fertilización de macronutrientes sobre parámetros de rendimiento de arroz bajo condiciones de campo. El trabajo experimental se desarrolló en el Recinto Las Maravillas del Cantón Daule, provincia del Guayas.

Se utilizó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones. Los planes (recomendaciones) de fertilización evaluados fueron:

- fertilización habitual que realizan los agricultores,
- fertilización habitual que realizan los agricultores con materia orgánica
- fertilización según recomendaciones del análisis de suelo
- ninguna fertilización, tratamiento testigo

Las variables estudiadas fueron: número de macollos por planta, número de espigas, número de granos llenos, número de granos vanos y el peso de la producción de arroz por tratamiento. Los datos fueron analizados usando análisis de varianza y se usó la prueba de Tukey α ($P \leq 0.05$) para comparar las medias de los tratamientos. Se realizó un análisis económico en cada tratamiento para determinar la relación beneficio/costo.

Los resultados indicaron que las producciones más altas de arroz se registraron en los tratamientos 2 y 3 con un promedio de 5.80 Kg/parcela, lo que equivale a 6444.44 Kg/ha. En el análisis económico se determinó que el tratamiento que obtuvo mayor beneficio fue el plan de fertilización con recomendación del análisis de suelo (T3).

Finalmente este estudió demostró que se puede ser más competitivo con el cultivo de arroz (INIAP – 11) reduciendo los costos de producción realizando el análisis de suelo para tener un manejo racional de la fertilización química de N, P y K. Esta práctica, además de reducir costos, reduce también el impacto de la producción agrícola en el ambiente.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN……II

ÍNDICE GENERAL……IV

ABREVIATURAS……VIII

ÍNDICE DE FIGURAS……IX

ÍNDICE DE TABLAS……X

INTRODUCCIÓN……1

CAPÍTULO 1……4

1. REVISION DE LITERATURA……4

1.1. El cultivo de arroz……4

1.1.1. Origen y Distribución……4

1.1.2. Morfología, fisiología y taxonomía……5

1.1.3. Fases de crecimiento y Desarrollo……9

1.2. Labores Culturales……11

1.2.1. Preparación de suelo……11

1.2.2. Siembra……12

1.2.3. Fertilización……..…….…..12

1.2.4. Riego……..…….…….…13

1.2.5. Malezas……..…….…….…13

1.2.6. Plagas y Enfermedades……..……..15

1.2.6.1. Plagas…….……15

1.2.6.2. Enfermedades……..…..……....17

1.2.7. Cosecha……..……..……..17

1.3. Rendimiento y usos……..……..……..….……..18

CAPÍTULO 2……..……..…….…..20

2. NUTRICIÓN MINERAL……20

2.1. Elementos esenciales para el cultivo de arroz…….21

2.2. Diagnóstico de las deficiencias de nutrientes y toxicidades…….…….22

2.3. Funciones y síntomas de deficiencias de los elementos esenciales…...24

2.3.1. Nitrógeno……..……..…..…24

2.3.2. Fósforo……..……..……..…..……....25

2.3.3. Potasio……..…...…26

2.4. Absorción y distribución de los nutrientes a través de las diferentes etapas de desarrollo de las plantas……...….27

2.4.1. Nitrógeno…….…….…..27

2.4.2. Fósforo……..…….28

2.4.3. Potasio…….……..……..29

2.5. Evaluación de la fertilidad de los suelos productores de arroz.……29

2.6. Recomendación de fertilización……..…30

2.7. Toma de las muestras de suelo……..…….…32

2.8. Interpretación del Análisis de suelo……..……32

CAPÍTULO 3……..……34

3. MATERIALES Y MÉTODOS…….....34

3.1. Ubicación del ensayo…….……35

3.2. Materiales usados……...35

3.3. Metodología utilizada y toma de datos…….....….37

3.4. Diseño experimental……..…..46

CAPÍTULO 4……..……49

4. RESULTADOS…….……...……49

4.1. Análisis de resultados…….…….……..49

4.2. Análisis Económico……..…56

4.3. Discusión…….……59

CAPÍTULO 5……..……65

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……..……65

5.1. Conclusiones……..…….…….…65

5.2. Recomendaciones…….…….……..…66

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

ANOVA	Análisis de Varianza
CAN	Comunidad Andina de Naciones
DAP	Fosfato Di Amónico
DDT	Días después de Transplante
ESPAC	Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua
FAO	Food and Agricultural Organization
Ha	Hectárea
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
K	Potasio
Kg	Kilogramo
MO	Materia Orgánica
N	Nitrógeno
P	Fósforo
TM	Tonelada Métrica

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1.1	Superficie de arroz cultivado en Ecuador en Has.	18
FIGURA 1.2	Rendimiento del cultivo de arroz en Ecuador en TM/Ha	19
FIGURA 4.1	Número de macollos en función del tiempo	50
FIGURA 4.2	Número de espigas por planta	51
FIGURA 4.3	Número de granos llenos por espigas	53
FIGURA 4.4	Número de granos vanos por espigas	54
FIGURA 4.5	Peso de Producción (Kg/tratamiento)	56

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

TABLA 1	Dosis recomendada de N, P_2O_5 y K_2O (Kg) para producir 1 Ha de cultivo de arroz, en base al análisis de suelo	31
TABLA 2	Tabla de Concentración de Nutrientes de Ecoabonaza	36
TABLA 3	Características de las unidades experimentales	47
TABLA 4	Fertilización Tratamiento 1	47
TABLA 5	Fertilización Tratamiento 2	48
TABLA 6	Fertilización Tratamiento 3	48
TABLA 7	Fertilización Tratamiento 4	48
TABLA 8	Media por tratamientos del número de espigas y prueba Tukey al 5%	51
TABLA 9	Media por tratamientos del número de granos llenos por espiga y prueba Tukey al 5%	52
TABLA 10	Media por tratamientos de número de granos vanos por espiga y prueba Tukey al 5%	54
TABLA 11	Media por tratamientos de producción por tratamiento y prueba Tukey al 5%	55
TABLA 12	Ingreso bruto por tratamiento	57
TABLA 13	Costos totales por tratamiento	57
TABLA 14	Beneficio neto	58
TABLA 15	Resultados del análisis beneficio costo	58

INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los cultivos más extendidos en el Ecuador; tiene una gran importancia en el ámbito social y productivo, ya que es el principal sustento económico de los agricultores y base de la alimentación de la población ecuatoriana. La producción de arroz en el Ecuador se desarrolla principalmente en la Región Costa en las provincias de Guayas y Los Ríos. Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria (ESPAC) del INEC dichas provincias concentran el 61% y 34% respectivamente, del total de la producción anual en el país, el 5% restante corresponde al resto de las provincias costeras y a los valles cálidos de las provincias de la Sierra y la Amazonia (17).

Este cultivo está prácticamente en manos de pequeños productores. El Censo Agropecuario del 2000 nos revela que el 45% de las unidades productivas agropecuarias (UPAs) dedicadas al cultivo de arroz tienen como máximo 5 Has, 35% de las UPA's son productores de 5 a 20 Has. El 18% son productores de entre 20 a 100 Has y apenas 2% de las unidades productivas son extensiones grandes de más de 100 Has. (SICA). Estos resultados revelan la importancia social del cultivo de arroz en Ecuador.

De acuerdo a los datos de la ESPAC en el año 2010 se señalan aproximadamente 414.150 Has sembradas a nivel nacional (INEC). Ecuador tuvo un rendimiento promedio de 3.97 TM/Ha, en el periodo 2000-2008, el cual es bajo en comparación con los países de la CAN, durante ese mismo periodo Perú produjo 6.84 TM/Ha, Colombia 5.90 TM/Ha y Bolivia 2.32 TM/Ha (17).

El rendimiento en la producción de arroz representa un indicador de competencia en la productividad agrícola. Para lograr altos rendimientos es necesario un manejo adecuado del cultivo, el cual se ve afectado principalmente por la calidad de la semilla a ser sembrada y la disponibilidad de nutrientes en el suelo, entre otros. (11).

En una encuesta realizada a los agricultores de Daule, se obtuvo que ellos no realizan un análisis de suelo previo al ciclo productivo y consecuentemente debido al desconocimiento del estado nutricional del suelo, ellos no ejecutan un adecuado plan de fertilización química, el cual es un elemento primordial dentro de la competitividad del cultivo de arroz.

Con estos antecedentes, el presente trabajo de investigación tuvo los siguientes objetivos:

- Estudiar el efecto de la fertilización con macronutrientes (N – P – K) siguiendo las recomendaciones en base al análisis de suelo sobre los componentes del rendimiento de arroz.
- Determinar la relación beneficio/costo de la fertilización en los tratamientos mediante el análisis económico.

CAPÍTULO 1

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. El Cultivo de Arroz

1.1.1. Origen y Distribución

El arroz (*Oryza sativa* L.) es una de las plantas más antiguas por lo que no es fácil establecer con precisión la época en que el hombre la cultivó por primera vez. En piezas de literatura china que datan del año 3000 a.C. se hace se mención al arroz como el más importante entre cinco cultivos en la alimentación. La evidencia actual indica que el arroz se originó probablemente en el sureste asiático (11) (2).

En el hemisferio occidental, se presume que Cristóbal Colón trajo semillas de arroz en su segundo viaje en 1493 (11). En Ecuador se tiene registros del arroz en el año de 1774, en las zonas de Babahoyo, Baba y Yaguachi (1). En la zona de Daule, que tenía un sistema de producción de ganado vacuno, cacao y algodón, no se mencionaba cosechas de la gramínea, pero con la crisis cacaotera se inicia la expansión del cultivo en esta zona convirtiéndose en la región arrocera de mayor cultivo (1).

1.1.2. Morfología, fisiología y taxonomía

Taxonomía

La taxonomía del arroz es la siguiente (6):

Reino	Plantae
División	Anthophyta
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	*Oryza*
Especie	*sativa*
Nombre Vulgar	Arroz

Morfología y Fisiología

Raíz

La planta desarrolla dos tipos de raíces: las seminales, que se originan de la radícula y que degeneran rápidamente, luego se forman las raíces adventicias que brotan en cada nudo de la parte baja del tallo. Las raíces adventicias son fibrosas con raíces secundarias y pelos radicales (10) (11).

El desarrollo del sistema radicular, depende de la estructura del suelo, del modo de cultivo, de la disponibilidad de agua, de la aireación del suelo y de su riqueza en elementos nutritivos. (11)

Tallo

Sus tallos son redondos y huecos. Está compuesto de nudos que limitan el número de entrenudos; los entrenudos de la base del tallo son muy reducidos, lo cual hace que la base del tallo sea sólida. Los entrenudos aumentan en longitud gradualmente de la base hacia el vértice, siendo el más largo el último entrenudo de donde continúa la panícula (10) (11). La altura del tallo principal

está determinada en función del número de entrenudos yendo de 10 a 20 según las variedades (11).

Entre la axila de las hojas inferiores y del tallo primario se puede originar un tallo secundario o vástago de primer orden; lo que se repite en los siguientes vástagos, dando lugar a tallos terciarios o vástagos de segundo orden. Este es el fenómeno del ahijamiento que da así lugar a la formación de los macollos (11).

Hojas

La hoja del arroz está básicamente constituida por dos partes: la vaina foliar y el limbo. En la articulación de la hoja se localizan dos pequeñas formaciones: la aurícula que es una laminilla en forma de hoz que posee pelos largos y flexibles; y la lígula que es una pequeña membrana de forma variable, recta o curva; la longitud de las lígulas es un carácter que hay que tomar en cuenta para clasificar las variedades (11).

Las hojas se desarrollan en cada uno de los nudos del tallo; la hoja superior conocida como hoja bandera se localiza debajo de la panícula y es más corta y ancha que las precedentes (10).

Espiguillas

Las espiguillas del arroz están agrupadas en una inflorescencia llamada panícula, compuesta por un pequeño eje con ramificaciones primarias o ramificaciones formando racimos, que llevan a su vez ramificaciones secundarias (10) (11).

Una espiguilla se compone por dos lemmas estériles, glumas rudimentarias, la raquilla y la florecilla. La florecilla consta de dos brácteas o glumas florales (lemma y pálea) con seis estambres (androceo) y un pistilo (gineceo) (10).

Semillas

El grano de arroz o semilla es el resultante del desarrollo del ovario tras la fecundación en el interior de la espiguilla, el fruto, conocido como grano paddy o arroz en cáscara, está constituido por una cariópside situada entre dos glumelas (11).

La maduración da inicio cuando se presenta una transformación de la coloración, cierta evolución de la composición química y una disminución progresiva de la humedad. En la madurez, el grano de arroz se divide en tres partes: el embrión, ubicado en el lado ventral cerca de la lemma; el albumen que provee alimento al embrión durante la germinación y la cáscara, formada por la lemma y la pálea (10) (11).

1.1.3. Fases de crecimiento y desarrollo

El crecimiento y desarrollo de la planta de arroz es un proceso de cambios fisiológicos y morfológicos que comprende varias etapas desde la germinación hasta la maduración del grano. Son tres fases principales: vegetativa, reproductiva y maduración (7) (11).

Fase Vegetativa

Comienza con la germinación de la semilla hasta la iniciación de la panícula. La temperatura óptima para su germinación se sitúa entre los 30 y los 35° C. Desde la siembra hasta la aparición de la primera hoja a través del coleóptilo (11).

El macollamiento se inicia con la aparición del primer hijo, hasta cuando la planta alcanza el número máximo de ellos, para luego continuar con la etapa de elongación del tallo. Esta fase ocurre a partir desde los 8 días hasta los 50 días (11).

Fase Reproductiva

Comprende desde cuando se inicia el primordio panicular en el punto de crecimiento, hasta cuando se aprecia la panícula en "punto de algodón" es decir cuando la panícula empieza a ser visible como una estructura algodonosa. Después pasa a la fase de desarrollo debajo de la hoja bandera. Esta etapa culmina con la salida de la panícula de la vaina de la hoja bandera, hasta cuando se completa la antesis en toda la panícula. En ambientes tropicales ésta fase tiene un período de 30 días (11).

Fase de Maduración

Empieza con la floración hasta la madurez total de los granos. Desde la polinización de las flores en donde las espiguillas están llenas de un líquido lechoso, después este líquido se torna de consistencia pastosa dura, hasta cuando los granos están

maduros totalmente. La maduración tiene una duración entre 30 y 35 días (7) (11).

1.2. Labores Culturales

1.2.1. Preparación de suelo

El cultivo del arroz requiere suelos con textura media a pesada; no es conveniente pulverizar el suelo ya que se podría generar pérdida de estructura. La preparación del suelo se puede realizar bajo condiciones de terreno seco e inundado. En el primer caso se deben usar implementos tales como arado, round-plough y rastra; mientras que para terreno inundado se realiza el "fangueo", que consiste en batir el suelo, con un tractor de gavias de hierro que reemplazan las llantas convencionales. Es necesario nivelar cuando exista una depresión importante en el terreno (11) (14).

1.2.2. Siembra

En Ecuador los métodos de siembra utilizados son: siembra directa y transplante. El primer método se realiza a máquina, con sembradora y al voleo. En el método del transplante se requiere previamente establecer un semillero, a los 21 y 25 días de edad se realiza el transplante al terreno definitivo (11).

Las densidades de siembra son: 0.30 x 0.20 m; 0.25 x 0.30 m; 0.30 x 0.30 m. Para realizar el transplante se colocan 4 a 5 plantas por sitio (11).

1.2.3. Fertilización

La planta de arroz necesita para su desarrollo de la disponibilidad adecuada y oportuna de nutrientes suministrados principalmente por el suelo. Una fertilización adecuada del suelo promoverá un mayor rendimiento de la producción. El análisis de suelo es el medio que permite racionalizar el uso de fertilizantes, de acuerdo a los niveles críticos de nutrimentos establecidos para la zona y la variedad empleada (14) (15).

1.2.4. Riego

El arroz es un cultivo semiacuático, demanda más agua que la mayoría de las gramíneas. Las exigencias de agua varían con las condiciones climáticas, manejo del cultivo, el tipo de suelo y ciclo vegetativo de las variedades. Se estima que el cultivo de arroz requiere entre 800 y 1240 mm de agua (11).

1.2.5. Manejo Integrado de malezas

Entre los 0 y 40 días de edad, el cultivo de arroz tiene un periodo crítico de interferencia en el cual se debe evitar la presencia de malezas, ya que pueden provocar pérdidas del 45 al 75 % del rendimiento (INIAP). Además, las malezas son hospederas de insectos plaga y microorganismos fitopatógenos (virus, hongos, nemátodos y bacterias) (11).

Las malezas del cultivo de arroz se pueden clasificar en: monocotiledóneas (gramíneas y ciperáceas) y dicotiledóneas. Entre las principales malezas asociadas al cultivo del arroz en

Daule están: *Cyperus iria* (Cortadera), *Sesbania exaltata* (Tamarindillo), *Heteranthera reniformis* (Oreja de ratón). Especies de los géneros *Echinochloa* (liendre de puerco) y *Leptochloa* (Paja blanca) (3).

Para reducir las poblaciones de malezas en los arrozales se practica la rotación de cultivos, donde se alternen los cultivos es decir durante el primer ciclo productivo sembrar cultivos de hoja ancha y en el siguiente ciclo sembrar cultivos de hoja angosta, esto reduce la incidencia de malezas debido a que algunas plantas poseen efectos alelopáticos sobre otras. El uso de semilla certificada, limpieza de canales de riego y una adecuada preparación de suelo (14).

Se obtienen grandes ventajas en el control de malezas cuando se usan herbicidas en conjunto con otras prácticas de control, como el método mecánico que consiste en eliminar focos de plantas no deseables, o en épocas tardías de desarrollo del cultivo. Con estas medidas de control se puede mantener la población de

malezas en un nivel que no provoque daño económico al cultivo (11).

1.2.6. Plagas y enfermedades

El manejo de plagas es una técnica de control racional, que se basa en la biología y ecología para encontrar el control más adecuado y menos contaminante para el ecosistema. La resistencia genética y las prácticas agronómicas influyen en las poblaciones de los insectos plagas (14).

Se deben considerar para el manejo adecuado de las enfermedades fitoparásitas los siguientes factores: el genético, el control cultural y el uso de químicos (11).

1.2.6.1. Plagas

Los insectos plagas inciden durante todo el ciclo vegetativo. Las plagas del arroz se clasifican de acuerdo

al tipo de daño y edad de las plantas afectadas, así, algunos insectos-plaga que atacan al arroz son:

Insectos del suelo: *Neocultilla hexadactyla* (Grillotopos), *Phyllophaga spp.* (Oroscos, cutzos). Insectos del tallo: *Diatrea saccharalis* (Barrenador), *Tibraca limbativentris* (Chinchorro de la pata).Insectos del follaje: *Spodoptera frugiperda* (Langosta), *Tagozodes oryzicolus* (Sogata), *Hydrellia griseola (*Minador*).* Insectos de la panícula: *Oebalus ornatus* (Chinche de la espiga) (11) (14).

El caracol manzana, (*Pomacea canaliculata)*, actualmente es la principal plaga del sector arrocero bajo riego en nuestro país. Se alimentan de plantas de arroz tiernas, especialmente las de siembra directa y de transplante temprano, que son las más susceptibles; mientras que las de siembra tardía o por transplante de 25 a 35 días de edad son menos atacadas. Las hojas consumidas por esta plaga son cortadas, muestran un color amarillo, quedan caídas en el lodo o flotando en el agua (18).

1.2.6.2. Enfermedades

Las enfermedades que limitan la producción de arroz en el país son: *Pyricularia oryzae* (Quemazón), *Rhizoctonia solani* (Tizón de la vaina), Virus de la hoja blanca (11).

1.2.7. Cosecha

La cosecha se debe realizar en el momento óptimo, lo que trae beneficios en rendimiento y en pilado. Este momento en términos de humedad del grano cambia de una variedad a otra, pero en forma general se acepta un rango entre 20 a 27 % que se logra 30 a 35 días después de floración (14).

La cosecha se puede realizar en forma mecánica mediante el uso de la cosechadora, o en forma manual cortando las plantas con hoces para proceder a la trilla mediante el “chicoteo”, el cual consiste en golpear gavillas de plantas contra un madero sobre una lona (11).

1.3. Rendimiento y usos

Ecuador tiene un rendimiento promedio de arroz en cascara de 3.97 TM/Ha ubicándolo en el lugar número 36 a nivel mundial y en el tercer lugar dentro de los países de la Comunidad Andina (17).

En las figuras 1.1 y 1.2 se observan la evolución de la superficie cultivada en Has y el rendimiento en TM/Ha en Ecuador, durante el periodo de 2007 - 2010. (16)

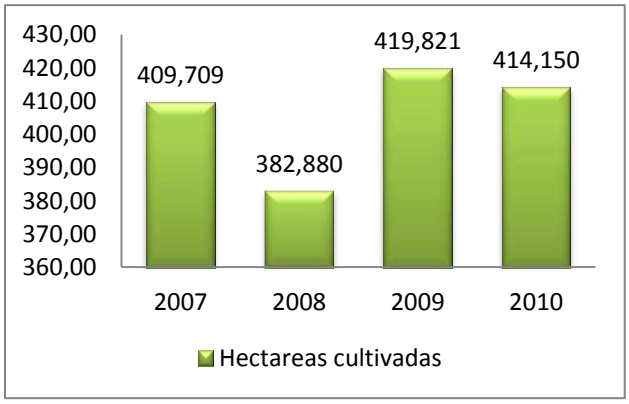

FIGURA 1.1. Superficie de arroz cultivado en Ecuador en Has

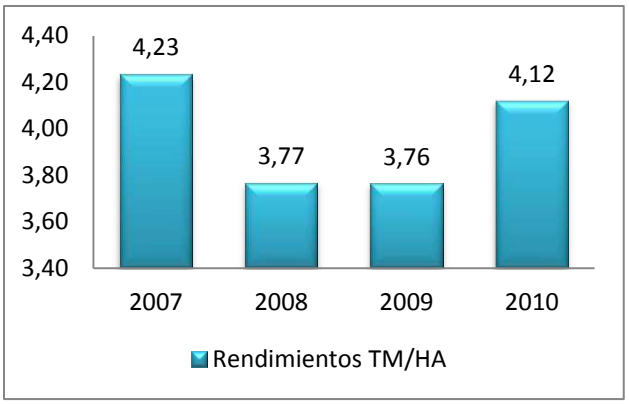

FIGURA 1.2. Rendimiento del cultivo de arroz en Ecuador en TM/Ha

El rendimiento promedio del cultivo de arroz a nivel nacional requiere elevarse para lograr reducir los costos unitarios de producción. El uso de semilla reciclada y el manejo inadecuado del cultivo son factores que no permiten alcanzar el potencial de rendimiento que es de 5 a 7 T/Ha en las variedades de INIAP (11).

Según estimaciones de la FAO, en cuanto a la región andina, Ecuador es el principal consumidor de arroz con 119.16 Kg/habitante anuales. Ecuador es el segundo exportador a nivel de la CAN con 12.80% del volumen total de exportaciones (17). Los subproductos de la fase industrial que se obtienen del arroz son arrocillo y polvillo, que se usan en actividades pecuarias (11).

CAPÍTULO 2

2. NUTRICIÓN MINERAL

La nutrición es el suministro y absorción de aquellos elementos químicos nutritivos que requiere un organismo. La nutrición vegetal consta de tres aspectos esencialmente químicos; cantidad, disponibilidad y balance de los elementos nutritivos (4) (9).

El suelo no contiene los elementos nutritivos en las proporciones exactas que la planta requiere y por consiguiente el rendimiento se alinea según el elemento más deficiente, (Ley del mínimo, propuesta por Von Liebig, en 1862). Es decir que el potencial de rendimiento del cultivo está limitado por la

deficiencia de cualquier elemento, aunque los demás se encuentren en cantidades apropiadas (9).

2.1. Elementos esenciales para el cultivo de arroz

Los elementos necesarios para los cultivos, son compuestos inorgánicos simples, esenciales para su crecimiento, que no pueden ser sintetizados por la planta durante sus procesos metabólicos normales (4).

Para la nutrición de los cultivos son esenciales 16 elementos. Estos son: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio, zinc, hierro, cobre, molibdeno, boro, manganeso y cloro. Estos elementos esenciales deben estar presentes en cantidades óptimas y en formas asimilables por las plantas (4).

Los nutrientes de las plantas se dividen en macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes que necesita el arroz para su crecimiento son: N, P, K, Ca, Mg, S. El cultivo de arroz también necesita de micronutrientes, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B y Cl, pero las plantas los

requieren en menores cantidades. Generalmente, los micronutrientes no se encuentran limitados en el suelo (12) (15).

Los micronutrientes otorgan a la planta resistencia al estrés abiótico, así como de plagas y enfermedades. Un nivel apropiado de micronutrientes, induce la eficiente absorción del nitrógeno y fósforo (12).

2.2. Diagnóstico de las deficiencias de nutrientes y toxicidades

Deficiencias

Cuando existe deficiencia de nitrógeno, se presentan plantas de tamaño reducido, cloróticas. Se puede apreciar una coloración verde amarillenta en las hojas más jóvenes. Mientras que las hojas viejas son de color naranja (5) (15).

La carencia de fósforo presenta plantas con escaso crecimiento con reducción del macollamiento. Las hojas inferiores se secan en el ápice y toman una coloración verde oscuro. En algunas hojas aparecen tejidos necróticos pardos y mueren (5) (15).

La falta de Potasio presenta plantas enanas con escaso macollamiento. Las hojas toman una tonalidad café amarillento con manchas oscuras de color café oscuro. La nervadura central de las hojas es amarilla en caso de grave deficiencia (5) (15).

Toxicidades

La toxicidad de hierro en las plantas es causada por la excesiva absorción de hierro, en forma de compuestos ferrosos. La capacidad de oxidación de las raíces de arroz se reduce provocada por la producción de sulfuro de hierro en los suelos inundados (5) (11).

Los síntomas de toxicidad por hierro son la aparición de manchas café en las puntas de las hojas inferiores, luego estas manchas se agrandan y presentan un color marrón púrpura (5) (11).

Cuando existe toxicidad por boro; las puntas de las hojas se muestran de color parduzco y las hojas presentan manchas de color café (5).

La toxicidad por azufre se presenta con clorosis en las venas de las hojas nuevas. Las raíces son gruesas, escasas y de color negro (5). La salinidad ocurre por la excesiva acumulación de sales solubles como cloruros o sulfatos en el suelo. Las plantas con toxicidad de sales tienen crecimiento lento, con hojas de puntas blancas (5).

2.3. Funciones y síntomas de deficiencias de los elementos esenciales

2.3.1. Nitrógeno (N)

Es un componente de las proteínas, protoplasma, cloroplastos y enzimas. El N es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de la molécula de la clorofila está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. Es un componente esencial de los aminoácidos (11) (13).

Cuando las plantas de arroz presentan deficiencia de N son raquíticas y con pocos macollos, las hojas son cortas y cloróticas. El amarillamiento se inicia en las hojas más viejas y luego se

traslada a las hojas más jóvenes, a medida que la carencia se torna más severa (11) (13).

2.3.2. Fósforo (P)

El P desempeña un papel importante en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transferencia de energía, la división y crecimiento celular. Actúa en la rápida formación y crecimiento de las raíces. El P mejora la calidad de la fruta, hortalizas y granos; es vital para la formación de la semilla (13).

La deficiencia de fósforo produce una reducción de la altura y una disminución en el número de los vástagos. Las hojas jóvenes no desarrollan síntomas y las inferiores se tornan de color marrón y mueren. Los tallos son delgados y alargados. Se reduce el número de panículas y granos (11) (13).

2.3.3. Potasio (K)

Es importante en la descomposición de carbohidratos, un proceso que provee de energía a la planta. Es esencial en la actividad de las enzimas. Actúa en la apertura y cierre de los estomas. Ayuda a la planta a resistir los ataques de enfermedades. El potasio juega un importante papel sobre los factores que determinan la resistencia al vuelco, esta resistencia es tanto más elevada cuanto mayor son las aportaciones de este elemento (11) (13).

Las plantas con deficiencia de potasio crecen lentamente, tienen un sistema radicular mal desarrollado, los tallos son débiles, las hojas inferiores toman un color verde amarillento entre las venas y se inclinan. Además se presentan problemas de acame y alto porcentaje de espigas vanas (11) (13).

2.4. Absorción y distribución de los nutrientes a través de las diferentes etapas de desarrollo de las plantas.

2.4.1. Nitrógeno (N)

El arroz requiere asimilar nitrógeno durante todo su ciclo del cultivo. Hay dos etapas de mayor requerimiento, durante el macollamiento y al inicio de la formación del primordio floral. Durante la floración, el nitrógeno se encuentra acumulado en las láminas y vainas de las hojas, en este momento se inicia su translocación, de tal manera que cerca de la mitad del nitrógeno almacenado va a los granos. La absorción del otro 50% del nitrógeno contenido en el grano ocurre después de la floración (11).

Durante el periodo vegetativo hasta el inicio de la fase floral, el N amoniacal determina un mayor crecimiento, mejora la capacidad de macollamiento y eleva los rendimientos; el N nítrico da mejores resultados sobre la elongación del tallo y la fase reproductora (2).

No existe una estrecha relación entre la absorción de nitrógeno y el rendimiento. Ante intensos abonados de nitrógeno, existe un aumento de la superficie foliar, acompañada de una reducción de la actividad de absorción, lo que produce una nutrición defectuosa y un bajo rendimiento de granos (2).

2.4.2. Fósforo (P)

La planta lo absorbe desde la etapa de plántula y alcanza su acumulación máxima un poco antes de la floración. El fósforo se desplaza en forma continua hacia las partes más jóvenes de la planta. En las raíces y láminas de las hojas se acumula cierta cantidad de fósforo hasta la iniciación de la panícula, a medida que el tallo se elonga, una cantidad considerable circula por él hasta la etapa de floración (11).

A partir de la floración, hay una disminución considerable, e incluso desaparece el fosforo de las hojas y tallos, y aumenta su contenido en las panículas y granos. La cariópside contiene del 76 al 89% del ácido fosfórico absorbido por la planta (2).

2.4.3. Potasio (K)

La absorción de este elemento durante las cuatro o cinco semanas de la siembra, tiene un máximo. El potasio es asimilado de acuerdo con el desarrollo de la planta hasta el final de la etapa de grano lechoso y luego decrece rápidamente. Se almacena en las partes vegetativas donde sirve para su formación y permanece en el tallo hasta la cosecha. Alrededor del 90% del potasio absorbido permanece en la paja (2) (11).

2.5. Evaluación de la fertilidad de los suelos productores de arroz

Encontrar un suelo que pueda suministrar todos los nutrientes esenciales en cantidad suficiente, no es tan fácil debido a los niveles de productividad alcanzados por el cultivo de arroz, por lo que hay que recurrir a la fertilización para proveer uno o más de los nutrientes esenciales (11).

Es fundamental realizar el análisis de suelos para conocer la fertilidad de cada suelo en particular y recomendar la fertilización apropiada,

debido a que la capacidad de los suelos arroceros en Ecuador, es diferente de una zona a otra y varía dentro de la misma zona (11).

El análisis de suelo es una herramienta de gran importancia en agricultura rentable en todo el mundo; sirve de guía para diseñar recomendaciones de fertilización que ayuden a producir altos rendimientos de elevada rentabilidad (13).

2.6. Recomendaciones de fertilización

La respuesta de un cultivo al fertilizante está relacionada con la cantidad de nutrientes disponibles que haya en el suelo. Es decir, a mayor cantidad de potasio disponible en el suelo, menor será la respuesta de las plantas al fertilizante potásico. Para hacer recomendaciones de fertilizantes se debe tener en cuenta los resultados de los análisis de suelo, el rendimiento esperado, las necesidades nutricionales del cultivo, el tipo de suelo y las condiciones del clima (8).

En la Tabla 1, se dan las siguientes recomendaciones de fertilización en nitrógeno, fósforo y potasio (Kg) para producir una hectárea de arroz considerando el análisis de suelo (11).

TABLA 1

Dosis recomendada de N, P_2O_5 y K_2O (Kg) para producir 1 Ha de cultivo de arroz, en base al análisis de suelo

Interpretación del Análisis de suelo	Kg/Ha		
	N	P_2O_5	K_2O
Bajo	120	60	60
Medio	100	30	30
Alto	80	0	0

Se recomienda aplicar la fertilización nitrogenada en varias épocas; teniendo en cuenta el periodo vegetativo de las variedades; se debe dividir la dosis total de nitrógeno en tres fracciones, a los 20, 40 y 60 días después de la siembra, que corresponde al inicio de macollamiento, máximo macollamiento e inicio de panícula, respectivamente (11) (14).

Los fertilizantes fosfatados y potásicos, deben aplicarse antes de la siembra para su mejor aprovechamiento, durante la preparación de suelo (11).

2.7. Toma de las muestras de suelo

La mayor probabilidad de que se cometan errores en el proceso de análisis de suelo, se presenta en la toma de las muestras para análisis. Es importante tomar una buena muestra de suelo, para que los resultados del análisis puedan proporcionar una estimación confiable del estado nutricional del suelo. Al incrementar la cantidad de submuestras en los lotes grandes, se obtiene mayor certeza de los resultados del análisis (13).

Para tomar muestras de suelo es indispensable contar con un barreno o una pala, una libreta para anotaciones necesarias, fundas plásticas, un balde plástico. Se debe evitar tomar muestras junto a canales, arboles, cercas, caminos (11).

2.8. Interpretación del análisis de suelo

Para realizar una correcta interpretación de los resultados se necesita tener al alcance toda la información disponible del lote, de la finca y del manejo del agricultor. El análisis químico del suelo es importante ya que es una fuente valiosa de información para establecer el estado

nutricional de un suelo y hacer las recomendaciones sobre el uso de fertilizante (11) (13).

Para diseñar un programa de recomendaciones se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- La recomendación debe lograr rendimientos óptimos del cultivo, que mantengan los nutrientes a niveles que no sean limitantes para el crecimiento y desarrollo de la planta desde la germinación hasta la madurez.
- Mantener una fertilidad balanceada para que el cultivo use en forma óptima los recursos suelo y agua
- Cuando el contenido de un nutriente es medio o bajo, se deben aplicar dosis de fertilizantes que aumenten el contenido de nutrientes en el suelo y lo lleven a nivel alto (13).

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El objetivo del ensayo fue evaluar el efecto de 4 planes de fertilización de macronutrientes (N-P-K) sobre parámetros de rendimiento de arroz bajo condiciones de campo. Para llevar a cabo esta investigación se evaluaron 4 tratamientos con 5 repeticiones mediante un diseño completamente al azar.

Los planes (recomendaciones) de fertilización evaluados fueron:

1. Fertilización habitual que realizan los agricultores (T1)
2. Fertilización habitual que realizan los agricultores con materia orgánica (T2)

3. Fertilización según recomendaciones del análisis de suelo (T3)
4. Ninguna fertilización, tratamiento testigo (T4)

3.1. Ubicación del ensayo

El ensayo se estableció en los terrenos del predio El Rincón, perteneciente a la Sra. Doris Barzola, se utilizó una cuadra del terreno ubicado en el Recinto Las Maravillas, del Cantón Daule, provincia del Guayas. De acuerdo a la clasificación ecológica de L. R. Holdridge, el cantón Daule corresponde a una zona de Bosque Seco Tropical. Su altitud es de 9 m.s.n.m., con una humedad relativa de 75% y 25°C de temperatura promedio. Su precipitación promedio anual es de 1250 mm.

3.2. Materiales usados

Insumos:

- Semilla de arroz variedad INIAP 11
- Urea
- D.A.P.
- Muriato de Potasio
- Ecoabonaza

En la tabla 2 se muestra los nutrientes y el porcentaje de nutrientes que contiene el abono orgánico (Ecoabonaza) que se utilizó para el tratamiento 2. Este abono orgánico está elaborado a base de pollinaza.

TABLA 2

Tabla de Concentración de Nutrientes de Ecoabonaza

NUTRIENTES	CONCENTRACIÓN
Calcio (Ca)	1 %
Cascarilla de Arroz	5 %
Fósforo Asimilable (P2O5)	2 %

Materiales:

- Cañas
- Piola
- Machete
- Balde
- Fundas plásticas
- Pala
- Balanza
- Bomba de fumigar
- Herramientas y equipo de riego

- Saquillos de 25 lb
- Hoz

3.3. Metodología utilizada y toma de datos

Análisis químico del suelo

Se tomaron las muestras de suelo en el terreno que se usó en el experimento para su análisis químico en el Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP-Boliche. Para determinar las recomendaciones de fertilización en el tratamiento 3. (Ver anexo 1)

Semillero

Se escogió un lugar apropiado para el establecimiento del semillero, donde se facilite el riego y el drenaje. Posteriormente se esparció la semilla en el semillero, y a los 15 días después de la siembra las plántulas fueron trasplantadas en las parcelas correspondientes. Se utilizó 1 kg de semilla de la variedad INIAP 11.

Transplante

A los 15 días después de siembra en el semillero, se retiraron las plántulas y se procedió al transplante inmediatamente al lugar definitivo.

Se usó una distancia de siembra aproximada de 0.25 m x 0.30 m., colocando de 4 a 5 plantas por sitio.

Riego

Riego por inundación permanente con lámina de agua de 10 cm. aproximadamente. La frecuencia del riego dependió de los factores climáticos y el tipo de suelo. Se regó 5 veces durante el desarrollo del experimento a los 14,30, 50, 65,75 días después del transplante

Control de malezas

El control de malezas se realizó en forma manual con la ayuda del rabón y química con los herbicidas selectivos, Graminex (Bispiribac sodium) con dosis de 0.5 lt/Ha y Supercompuesto 1.5 lt/Ha. Se aplicó Glifosato para eliminar las malezas en los muros ya que estas sirven de hospederas de insectos plagas.

Control fitosanitario

Para el control de plagas en todas las unidades experimentales.se aplicó Endosulfan (Endosulfan) y Monitor (Metamidofos) las dosis utilizadas fueron de 1.5 lt/Ha y 1 lt/Ha respectivamente. Para prevenir

enfermedades se utilizó Taspa (Propiconazol) y Yoke (Tebuconazole) ambos con dosis de 250 cc/ha.

Fertilización

Se realizó con los fertilizantes establecidos para cada tratamiento planteado según se muestra en las tablas 4, 5, 6 y 7. La cantidad de N-P-K necesaria para el cultivo de arroz de la variedad estudiada se muestra en la tabla 1. Las fertilizaciones se aplicaron a los 15, 30 y 50 días después de transplante. En el caso del tratamiento que sigue la recomendación del análisis de suelo, sólo hizo falta complementar la fertilidad natural del suelo con nitrógeno ya que existieron niveles adecuados de P y K.

El plan de fertilización que realizan los agricultores representa la práctica común utilizada por los productores de la zona, y el plan de fertilización con materia orgánica representa una práctica que algunos productores han empezado a aplicar desde el año 2010, esta última aplicación incluye también fertilización convencional (ver tabla 5).

Cálculo del Fertilizante para el Tratamiento 1

Primera aplicación

100 kg Urea ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X = 0.090 kg Urea

100 kg. D.A.P. ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X= 0.090 kg DAP

50 kg Muriato de K ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X= 0,045 kg Muriato de K

Segunda Aplicación

100 kg Urea ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X = 0.090 kg Urea

Tercera Aplicación

100 kg Urea ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X = 0.090 kg Urea

Cálculo del Fertilizante para el Tratamiento 2

Primera aplicación

100 kg Urea ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X = 0.090 kg Urea

100 kg D.A.P. ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X= 0.090 kg DAP

50 kg Muriato de K ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X= 0,045 kg Muriato de K

1.000 kg M.O. ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X= 0.900 Kg M.O.

Segunda Aplicación

100 kg Urea ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X = 0.090 kg Urea

1.000 kg M.O. ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X= 0.900 Kg M.O.

Tercera Aplicación

100 kg Urea ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X = 0.090 kg Urea

1.000 kg M.O. ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X= 0.900 Kg M.O.

Cálculo del Fertilizante para el Tratamiento 3

Densidad del suelo= 1.2 Tm/m³

v= 3 x 3 x 0.3

v= 2.7 m³

v= 2.7 m³ x 1.2 Tm/ m³

v= 3.24 Tm

Cálculo de Nitrógeno

0,011 kg N ⟶ 1Tm

X ⟶ 3.24 Tm

X= 0.03564 kg N

Requerimiento de N (Kg/Ha)

120 Kg N ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X= 0.108 kg N (1.1)

X= 0.1188 kg N – 0.0356 kg N

X= 0.0831 kg N / 0.46 Kg N Urea

X= 0.1807 Kg Urea

Primera aplicación 25%

X= 0,0451 Kg Urea

Segunda aplicación 50%

X= 0,0903 kg Urea

Tercera aplicación 25%

X= 0,0451 Kg Urea

Cálculo de Fósforo

0,011 kg P ⟶ 1Tm

X ⟶ 3.24 Tm

X= 0,03564 kg P

Requerimiento de P (Kg/Ha)

30 kg P ⟶ 10.000 m²

X ⟶ 9 m²

X= 0,027 Kg P (1.1)

X= 0,0297 kg P

El análisis de suelo muestra que el nivel de P en el suelo es medio, al realizar el cálculo respectivo se muestra que la cantidad de P disponible

en el suelo es mayor a los requerimientos del cultivo en este elemento, por lo tanto no es necesario aplicar fertilizante fosforado. El nivel de K en el suelo es alto según el análisis correspondiente debido a esto no es necesario la aplicación de fertilizantes potásicos.

Cosecha

Se la realizó en forma manual con hoz en cada uno de los tratamientos, una vez completado el ciclo vegetativo del cultivo. La producción de cada parcela se envasó en sacos distintos, luego se procedió a pesarlo en una balanza para determinar el peso de la producción de cada una de las parcelas.

Variables evaluadas

Número de macollos.- Se contó el número de macollos en 5 plantas por tratamiento al momento del transplante; luego a los 8, 15, 21 y 28 días después de transplante (DDT).

Número de panículas.- Al momento de cosecha se tomó el número de panículas en 3 plantas de cada parcela en cada uno de los tratamientos.

Número de granos llenos por panícula.- Se contó el número de granos en 3 espigas al azar de cada parcela en cada uno de los tratamientos.

Número de granos vanos por panícula.- En cada panícula usada en la variable anterior se contó el número de granos vanos.

Producción.- Para esta variable se pesó la producción que se obtuvo en cada una de las parcelas para conocer la producción total en cada uno de los tratamientos.

3.4. Diseño experimental

Para este experimento se utilizó un diseño completamente al azar constituido por 4 tratamientos y 5 repeticiones. De forma aleatoria mediante un sorteo se escogieron 5 parcelas para aplicar cada uno de los diferentes tratamientos. Se usó la prueba de Tukey para analizar las diferencias entre las medias de cada tratamiento. En la tabla 3 se muestran las características de las unidades experimentales en estudio.

TABLA 3

Características de las unidades experimentales

Número de tratamientos	4
Número de repeticiones	5
Número total de parcelas	20
Largo de la parcela	3 m
Ancho de la parcela	3 m
Área útil de la parcela	9 m²
Distancia entre repeticiones	1 m
Distancia entre tratamiento	1 m

Las dosis, tipos de fertilizante y épocas de aplicación de los tratamientos que se realizaron en este trabajo se presentan en las tablas 4, 5, 6 y 7.

TABLA 4

Fertilización Tratamiento 1

TRATAMIENTO 1		
Época de aplicación	**Fertilizantes**	**Cantidad (Kg/parcela)**
5 DDT	Urea	0,090
	Fosfato Di amónico	0,090
	Muriato de Potasio	0,045
30 DDT	Urea	0,090
50 DDT	Urea	0,090

TABLA 5

Fertilización Tratamiento 2

TRATAMIENTO 2		
Época de aplicación	**Fertilizantes**	**Cantidad (Kg/parcela)**
15 DDT	Urea	0,090
	Fosfato Di amónico	0,090
	Muriato de Potasio	0,045
	Ecoabonaza	0,900
30 DDT	Urea	0,090
50 DDT	Urea	0,090

TABLA 6

Fertilización Tratamiento 3

TRATAMIENTO 3		
Época de aplicación	**Fertilizantes**	**Cantidad (Kg/parcela)**
15 DDT	Urea	0,045
30 DDT	Urea	0,090
50 DDT	Urea	0,045

TABLA 7

Fertilización Tratamiento 4

TRATAMIENTO 4		
Época de aplicación	**Fertilizantes**	**Cantidad (Kg/parcela)**
15 DDT	sin fertilizante	0
30 DDT	sin fertilizante	0
50 DDT	sin fertilizante	0

CAPÍTULO 4

2. RESULTADOS

2.1. Análisis de resultados

Después de culminado el experimento, se procedió al análisis de los datos obtenidos en las variables; los datos fueron analizados utilizando el análisis de varianza (ANOVA). Las comparaciones de las medias de cada tratamiento se realizaron utilizando la prueba de Tukey al nivel de 5% de probabilidad α ($P \leq 0.05$). Esta prueba controla de mejor manera los dos tipos de errores (α y β) además permite hacer todas las posibles comparaciones de tratamientos de dos en dos.

Números de macollos

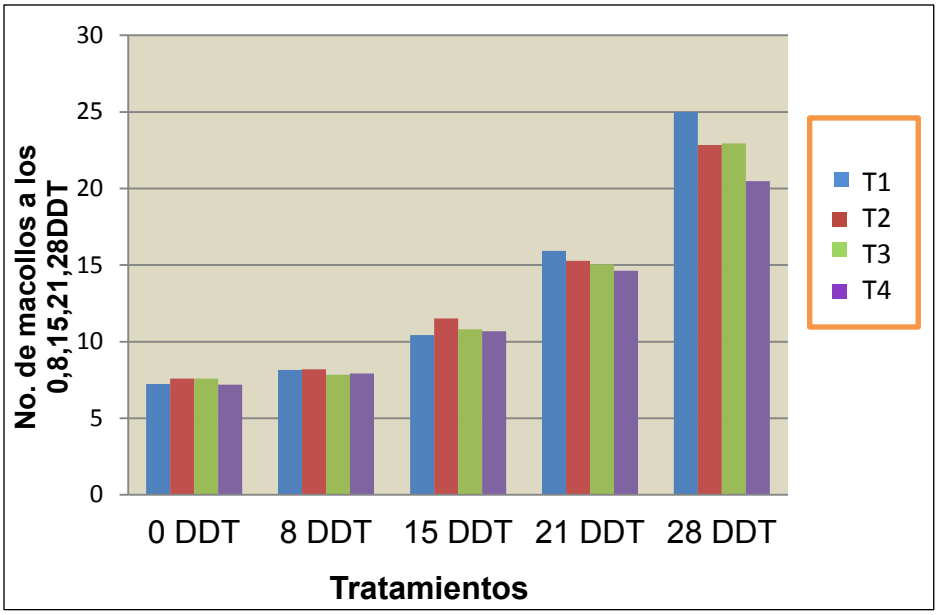

FIGURA 4.1 Número de macollos en función del tiempo

Al analizar la variable número de macollos, se observó que entre los tratamientos no existieron diferencias estadísticamente significativas (figura 4.1). Es decir que la fertilización no tuvo ningún efecto en la cantidad de macollos que se produjeron. El macollamiento se fue incrementando a medida que transcurrían los días después del transplante, éste fue el único efecto significativo para esta variable. Por tanto, no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales.

Número de espigas

TABLA 8

Media por tratamientos del número de espigas y prueba Tukey al 5%

Grupos	Tratamientos	Medias
a	Fertilización recomendación análisis de suelo (T3)	26.46
a	Fertilización habitual agricultores con materia orgánica (T2)	26.33
b	Fertilización habitual agricultores (T1)	21.53
b	Sin fertilización (T4)	19.86

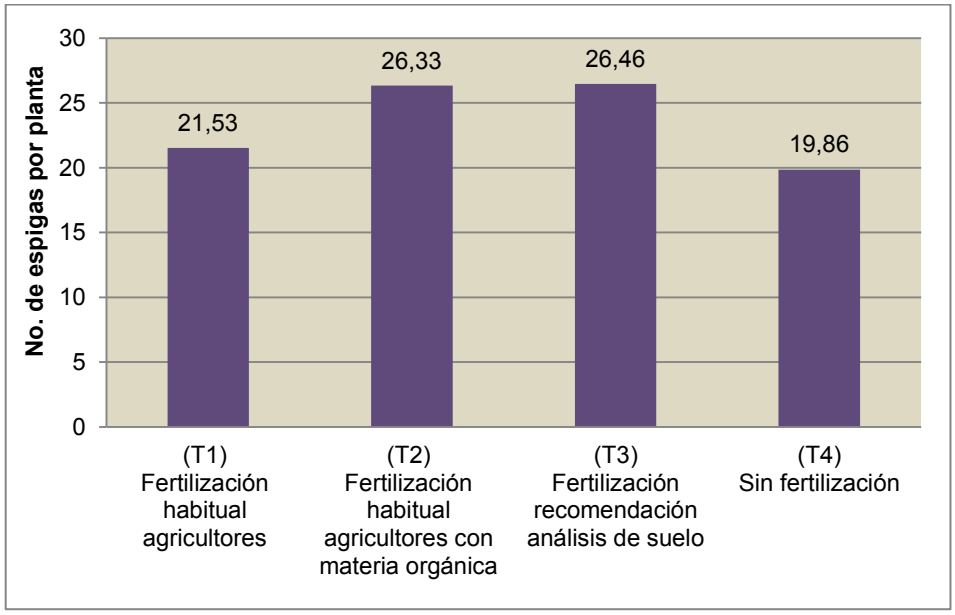

FIGURA 4.2 Número de espigas por planta

Al realizar el análisis de varianza para la variable número de espigas, con un nivel de significancia del 5% en esta variable, se encontró que los tratamientos se pueden separar en dos grupos que difieren estadísticamente (tabla 8), los promedios de los tratamientos 2 y 3 no presentan diferencias estadísticas pero en comparación con los tratamientos 1 y 4 si existen diferencias altamente significativas (figura 4.2). Así se tiene que el grupo de tratamientos 2 y 3 presentan los mayores valores de producción de espigas.

Número de granos llenos

TABLA 9

Media por tratamientos del número de granos llenos por espiga y prueba Tukey al 5%.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	Fertilización habitual agricultores (T1)	93.00
ab	Fertilización habitual agricultores con materia orgánica (T2)	88.73
bc	Fertilización recomendación análisis de suelo (T3)	79.26
c	Sin fertilización (T4)	67.80

Mediante el análisis de varianza se determinó que en esta variable, se obtuvieron tres rangos de significancia, en la tabla 9 se puede observar que en el rango más alto están los tratamientos 1 y 2 con un promedio de 93.00 y 88.73 granos llenos por espiga respectivamente. Los tratamientos 2 y 3 no difieren estadísticamente por lo que se pueden separar en otro rango. El tratamiento 4 (sin fertilización) obtuvo la menor cantidad de granos llenos por espiga (figura 4.3). Se encontró que existen diferencias significativas entre los planes de fertilización utilizados para esta variable.

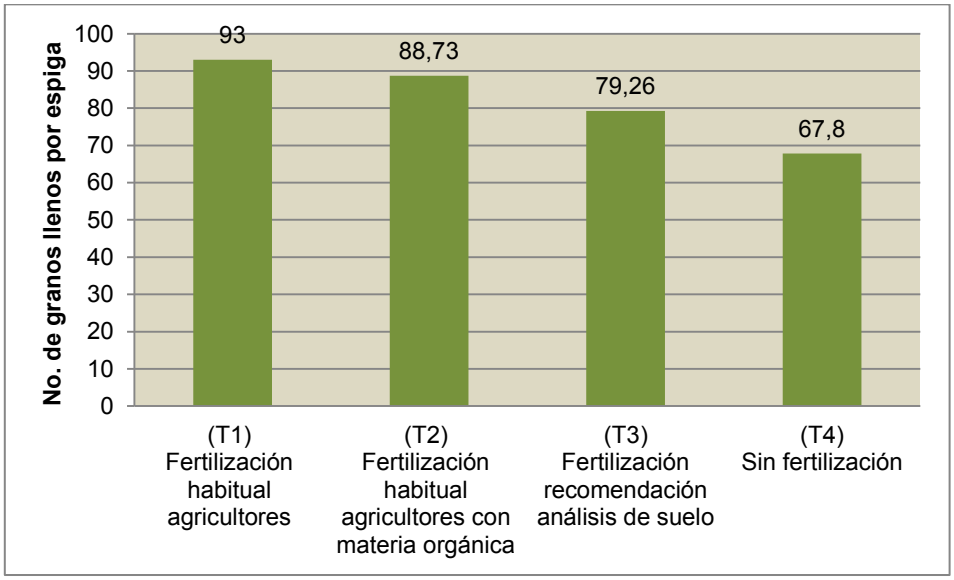

FIGURA 4.3 Número de granos llenos por espigas

Número de granos vanos

TABLA 10

Media por tratamientos de número de granos vanos por espiga y prueba Tukey al 5%.

Grupos	Tratamientos	Medias
a	Sin fertilización (T4)	5.66
ab	Fertilización habitual agricultores con materia orgánica (T2)	4.60
b	Fertilización recomendación análisis de suelo (T3)	4.06
b	Fertilización habitual agricultores (T1)	3.86

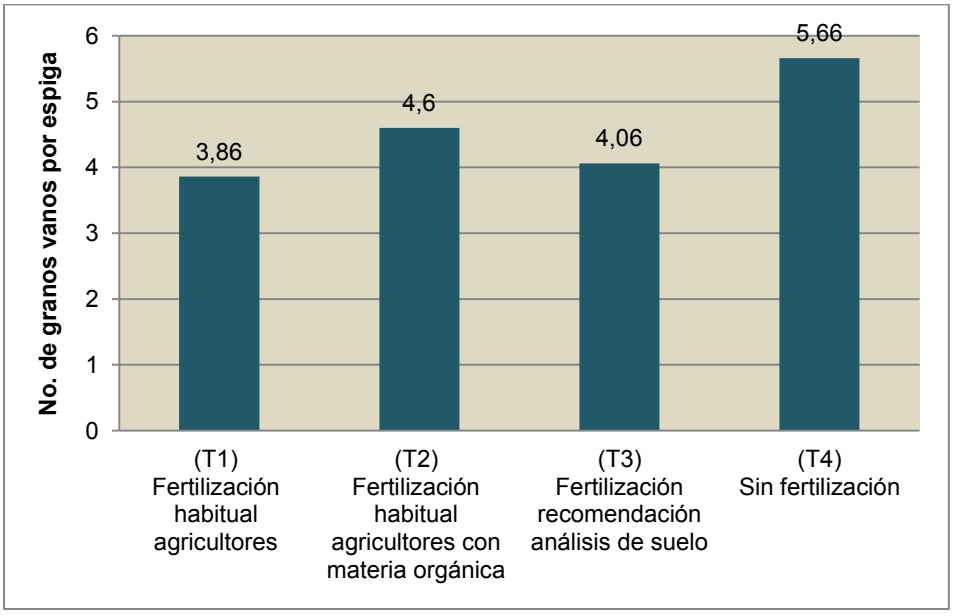

FIGURA 4.4 Número de granos vanos por espigas

En la tabla 10 se presentan los correspondientes valores promedio de número de granos vanos. Se puede observar que el tratamiento sin fertilización (testigo absoluto) presentó la mayor cantidad de granos vanos con un promedio de 5.66 (figura 4.4). Con un nivel de significancia del 5%, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 3, en relación al vaneamiento, fueron estadísticamente iguales entre sí e inferiores a los otros tratamientos. Sí hubo efecto de los tratamientos evaluados en ésta variable.

Producción (Kg/tratamiento)

TABLA 11

Media por tratamientos de producción por parcela y prueba Tukey al 5%.

Grupos	Tratamientos	Medias (Kg/ tratamiento)	Equivalente (Kg/Ha)
a	Fertilización habitual agricultores con materia orgánica (T2)	5.80	6444.44
a	Fertilización recomendación análisis de suelo (T3)	5.80	6444.44
ab	Fertilización habitual agricultores (T1)	4.60	5111.11
b	Sin fertilización(T4)	3.20	3555.56

En el análisis de la variable producción (Kg/tratamiento), como se observa en la tabla 11 existen diferencias estadísticas significativas en los tratamientos, es decir se rechaza la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales. Los tratamientos 2 y 3 fueron estadísticamente superiores en relación al peso del testigo absoluto (figura 4.5).

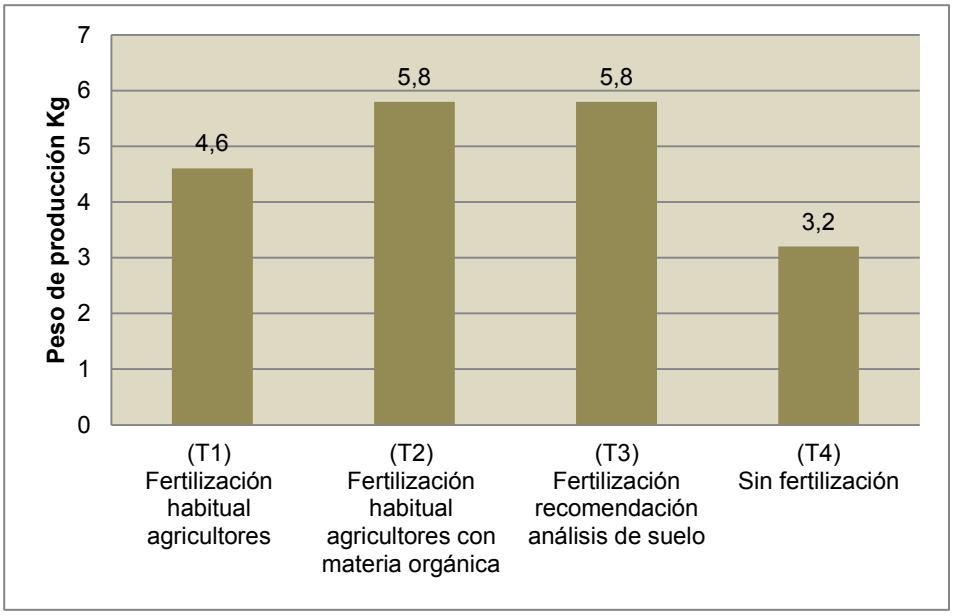

FIGURA 4.5. Peso de producción (Kg/ tratamiento)

2.1. Análisis Económico

Para el análisis económico de los tratamientos, se determinó la utilidad y la relación beneficio/costo (B/C). En la tabla 12 se muestran los

rendimientos y los ingresos que cada tratamiento generó. El precio utilizado es $0.32/kg, precio que corresponde al año 2011.

TABLA 12

Ingreso bruto por tratamiento

Tratamientos	Rendimiento Kg	Ingresos
Fertilización habitual agricultores (T1)	4,63	$ 1,49
Fertilización habitual agricultores con materia orgánica (T2)	5,81	$ 1,86
Fertilización recomendación análisis de suelo (T3)	5,84	$ 1,86
Sin fertilización(T4)	3,24	$ 1,03

Los costos totales por cada tratamiento se muestran en la tabla 13.

TABLA 13

Costos totales por tratamiento

Tratamientos	Costos
Fertilización habitual agricultores (T1)	$ 0,94
Fertilización habitual agricultores con materia orgánica (T2)	$ 1,17
Fertilización recomendación análisis de suelo (T3)	$ 0,80
Sin fertilización(T4)	$ 0,59

En la tabla 14 se muestra el beneficio neto que se obtuvo en cada tratamiento.

TABLA 14

Beneficio neto

Tratamientos	**Beneficio Neto**
Fertilización habitual agricultores (T1)	$ 0,54
Fertilización habitual agricultores con materia orgánica (T2)	$ 0,70
Fertilización recomendación análisis de suelo (T3)	$ 1,06
Sin fertilización(T4)	$ 0,43

Relación beneficio/costo

Para cada tratamiento la relación beneficio/costo se presenta en la tabla 15.

TABLA 15

Resultados del análisis beneficio costo

Tratamientos	**Relación B/C**
Fertilización habitual agricultores (T1)	1,58
Fertilización habitual agricultores con materia orgánica (T2)	1,60
Fertilización recomendación análisis de suelo (T3)	2,32
Sin fertilización(T4)	1,73

4.3. Discusión

El cultivo de arroz, como todas las plantas, necesita de una nutrición balanceada para tener un excelente desarrollo y llegar a una buena producción con los mejores rendimientos.

Los planes de fertilización no motivaron el desarrollo de los macollos, al analizar esta variable no se encontraron diferencias estadísticas, la naturaleza propia de la planta se evidenció en la producción de los macollos en los tratamientos.

De acuerdo con Angladette (1969) durante el periodo vegetativo el N es el nutriente que determina una mayor capacidad de ahijamiento (número de macollos). POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE (1997) indica que cuando cualquier nutriente esencial no está disponible en el suelo en cantidades adecuadas puede reducir la eficiencia de uso de N y P.

Con excepción del testigo absoluto, en todos los demás tratamientos se aplicó como fuente de nitrógeno, úrea (46% N) mediante el método al voleo, DOBERMAN y FAIRHURST (2000) explican que cuando los

fertilizantes portadores de NH_4 (urea; sulfato de amonio) se aplican al voleo sobre la superficie del agua de inundación, el N puede perderse por volatilización como amoniaco (NH_3). La volatilización depende de la concentración de NH_4, temperatura, velocidad del viento y de las fluctuaciones diurnas del pH debido a actividad biológica en el agua de inundación.

A diferencia de los tratamientos recomendación de análisis de suelo (T3) y testigo (T4), los tratamientos de fertilización habitual que realizan los agricultores (T1) y la fertilización habitual que realizan los agricultores con materia orgánica (T2) fueron estadísticamente iguales en la variable número de granos llenos, lo que redujo la cantidad de granos vanos estos tratamientos incluyeron la adición de fósforo al suelo. El tratamiento recomendación de análisis de suelo no incluyó fósforo en el plan de fertilización ya que mediante el análisis de suelo se determinó que los niveles de P y K se encontraban en cantidades adecuadas en el suelo por lo que no se aplicaron fertilizantes fosfóricos y potásicos. Estadísticamente no se detectaron diferencias en el número de granos vanos entre los tratamientos fertilización habitual que realizan los agricultores (T1) y recomendación de análisis de suelo (T3), el

tratamiento fertilización habitual que realizan los agricultores produjo mayor cantidad de granos llenos que el tratamiento de fertilización de recomendación del análisis de suelo. Esto se debe a que tal como indican DOBERMAN y FAIRHURST (2000) el fósforo es vital para el proceso de formación del grano y mejora su calidad y estuvo más disponible para la planta en la fertilización habitual que realizan los agricultores ya que la presencia de un elemento en el suelo, no significa que se encuentre disponible para que la planta pueda absorberlo con normalidad.

La fertilización habitual que realizan los agricultores con materia orgánica (T2), tuvo gran importancia en el peso de la producción. POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE (1997) señala que un nivel adecuado de materia orgánica beneficia al suelo, al mejorar las condiciones físicas, incrementar la infiltración de agua y proporcionar nutrientes a la planta. En este tratamiento no se aplicó únicamente materia orgánica, debido a que aunque los niveles de materia orgánica sean elevados en el suelo, es necesario el uso de fertilizantes nitrogenados para asegurar a los cultivos una fuente adecuada de N

disponible especialmente en cultivos que requieren de altas cantidades de N como el arroz.

Los tratamientos de la fertilización recomendación de análisis de suelo (T3) y fertilización habitual que realizan los agricultores con materia orgánica (T2) rindieron casi 1 kg más por tratamiento, el incremento de la producción de estos tratamientos correspondió a que produjeron mayor cantidad de espigas, en comparación al rendimiento de la fertilización habitual que realizan los agricultores (T1), el cual, aunque con mayor número de granos llenos pesó menos por cuanto produjo menos panículas. DOBERMAN y FAIRHURST (2000) exponen que el exceso o desbalance de N causa que se produzcan macollos improductivos que dan sombra a los macollos productivos reduciendo la producción de espigas, ésta sería la causa por lo que la fertilización habitual que realizan los agricultores (T1), obtuvo menor número de espigas. En este tratamiento se aplicó el fertilizante sin conocer los requerimientos nutricionales del cultivo.

Al analizar económicamente los tratamientos, se obtuvo que el tratamiento recomendación análisis de suelo presentó la mayor utilidad

en comparación con los demás tratamientos, en este tratamiento se aplicaron los fertilizantes que el cultivo requería en cantidades balanceadas, esto repercutió a que se redujeran los costos de fertilización.

Al determinar la relación beneficio/costo (BC) para todos los tratamientos se obtuvieron que fueron mayor a 1(BC > 1) lo que significa que sí existen beneficios porque los ingresos son mayores a los costos. La mayor relación beneficio/costo fue de 2.14 y se obtuvo en el tratamiento recomendación análisis de suelo (T3). Comparando el tratamiento fertilización habitual que realizan los agricultores (T1) con el testigo absoluto y la aplicación fertilización habitual que realizan los agricultores con materia orgánica (T2), se encuentra que el testigo absoluto presenta mayor relación beneficio/costo con 1.73 mientras que el tratamiento fertilización habitual que realizan los agricultores (T1) tiene 1.58 y la fertilización habitual que realizan los agricultores con materia orgánica (T2) tiene 1.60 en la relación beneficio/costo. Lo que significa que al no utilizar ningún tipo de fertilizante edáfico, se obtuvo mayor beneficio que al utilizar el plan de fertilización habitual que

realizan los agricultores (T1) y la aplicación fertilización habitual que realizan los agricultores con materia orgánica (T2).

En lo que respecta a los costos de producción se considera que el tratamiento fertilización habitual que realizan los agricultores con materia orgánica (T2) debido al costo de los fertilizantes, fue el más elevado en comparación con los demás tratamientos, el cual consistió en la aplicación de NPK en combinación con el fertilizante a base de materia orgánica. Esta inversión se justifica ya que la aplicación de la materia orgánica mejora la estructura del suelo y estimula la actividad microbiana lo que permite que durante los futuros ciclos de cultivo la fertilización de NPK sea en menores cantidades lo que conlleva a reducir los costos de producción en ciclos posteriores.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Con base a los objetivos planteados y al análisis estadístico y económico, realizado en esta investigación se concluye:

1. La respuesta de la mayoría de los componentes del rendimiento fueron estadísticamente diferentes entre tratamientos, con excepción del número de macollos, donde no se consideraron diferencias estadísticas significativas al comparar los tipos de fertilización en cada tratamiento.

2. Se encontró un efecto positivo en el rendimiento agrícola con el plan de fertilización de recomendación análisis de suelo y con el plan de fertilización de NPK con materia orgánica con 6.444 Kg/ha de arroz en ambos tratamientos.

3. Con el uso del análisis de suelo se redujeron las cantidades de fertilizantes edáficos y se lograron incrementos en las utilidades, al aplicar los nutrientes requeridos por el cultivo, con relación a los demás tratamientos.

4. Económicamente el mejor tratamiento fue la fertilización en base a la recomendación de análisis de suelo, se obtuvo mayor relación beneficio/costo.

5.2. Recomendaciones

De acuerdo con las conclusiones de esta investigación se recomienda lo siguiente:

1. Realizar el análisis químico del suelo para conocer cuáles son los nutrientes que tiene el suelo y suplir las necesidades de las plantas de una forma equilibrada.

2. Continuar con este tipo de investigaciones en otras zonas arroceras, para comparar los resultados obtenidos.

3. Aplicar materia orgánica en suelos que tienen deficiencia de nutrientes con el fin de incrementar el aprovechamiento de los nutrientes por la planta.

4. Manejar técnicamente los fertilizantes químicos, en cuanto a dosis, forma y época de aplicación.

5. Promover y capacitar a los agricultores para que realicen el análisis de suelo, y que no lo vean como un costo sino como una inversión que permitirá incrementar sus utilidades.

ANEXOS

ANEXO 1

ANÁLISIS DE SUELO REALIZADO PREVIO AL CULTIVO

INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 26 Vía Durán Tambo
Yaguachi - Ecuador Teléfono: 2717119 Fax: 2717260

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre	: SRA. DORIS BARZOLA
Dirección	: N/E
Ciudad	: DAULE
Teléfono	: N/E
Fax	: N/E

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre	: EL RINCON
Provincia	: GUAYAS
Cantón	: DAULE
Parroquia	: MARAVILLAS
Ubicación	: N/E

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual	: ARROZ
Nº Reporte	: 7967
Fecha de Muestreo	: 23/09/2011
Fecha de Ingreso	: 23/09/2011
Fecha de Salida	: 10/10/2011

Nº Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm		meq/100ml			ppm					
	Identificación	Area		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
36854	MUESTRA-1	N/E	6,5 LAc	11 B	11 M	0,50 A	19,6 A	8,7 A	56 A	3,4 M	5,3 A	21 M	96,9 A	0,18 B

INTERPRETACION							METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH						Elementos: de N a B	pH	= Suelo: agua (1:2.5)	Olsen Modificado	
MAc = Muy Acido	LAc = Ligeramente Acido	LAl = Ligeramente Alcalino	RC = Requiere Cal			B = Bajo	N,P,B	= Colorimetria	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Medianamente Alcalino				M = Medio	S	= Turbidimetria	Fosfato de Calcio Monobásico	
MeAc = Medianamente Acido	N = Neutro	Al = Alcalino				A = Alto	K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	= Absorción atómica	B,S	

RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 26 Vía Durán Tambo
Yaguachi - Ecuador Teléfono: 2717119 Fax: 2717260

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : SRA. DORIS BARZOLA
Dirección : N/E
Ciudad : DAULE
Teléfono : N/E
Fax : N/E

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : EL RINCON
Provincia : GUAYAS
Cantón : DAULE
Parroquia : MARAVILLAS
Ubicación : N/E

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo Actual : ARROZ
Nº de Reporte : 7967
Fecha de Muestreo : 23/09/2011
Fecha de Ingreso : 23/09/2011
Fecha de Salida : 10/10/2011

Nº Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l)½	ppm	Textura (%)			
Laborat.	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	RAS	Cl	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
36854					2,7 B	2,2	17,40	56,62	28,81						

INTERPRETACION

Al+H, Al y Na		C.E.				M.O. y Cl	
B	= Bajo	NS	= No Salino	S	= Salino	B	= Bajo
M	= Medio	LS	= Lig. Salino	MS	= Muy Salino	M	= Medio
T	= Tóxico					A	= Alto

ABREVIATURAS

C.E. = Conductividad Eléctrica
M.O. = Materia Orgánica
RAS = Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA

C.E. = Conductímetro
M.O. = Titulación de Welkley Black
Al+H = Titulación con NaOH

RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO

ANEXO 2

ANÁLISIS DE VARIANZA DE NÚMERO DE MACOLLOS EN EL CULTIVO DE ARROZ CON 4 TRATAMIENTOS

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	3	20.3	6.8	0.59	0.6
DDT*	1	2785.1	2785.1	245.37	<2e-16
Tratamiento: DDT	3	24.5	8.2	0.72	0.5
Residuals	91	1032.9	11.4		

*DDT: Días después del transplante

ANEXO 3

ANÁLISIS DE VARIANZA DE NÚMERO DE ESPIGAS EN EL CULTIVO DE ARROZ CON 4 TRATAMIENTOS

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P
Tratamientos	3	508.3	169.44	9.7	2.82e-05
Residuales	56	927.5	17.37		

ANEXO 4

ANÁLISIS DE VARIANZA DE NÚMERO DE GRANOS LLENOS POR PANÍCULA EN EL CULTIVO DE ARROZ CON 4 TRATAMIENTOS

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P
Tratamientos	3	5629	1876.4	11.01	8.77e-06
Residuales	56	9548	170.5		

ANEXO 5

ANÁLISIS DE VARIANZA DE NÚMERO DE GRANOS VANOS POR PANÍCULA EN EL CULTIVO DE ARROZ CON 4 TRATAMIENTOS

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	P
Tratamientos	3	29.25	9.750	5.17	0.003
Residuales	56	105.60	1.886		

ANEXO 6

ANÁLISIS DE VARIANZA DE PRODUCCIÓN POR TRATAMIENTO EN EL CULTIVO DE ARROZ CON 4 TRATAMIENTOS

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	P
Tratamientos	3	22.83	7.61	4.80	0.01
Residuales	16	25.34	1.58		

BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ S., Breve Historia del uso en la Cuenca Baja del Guayas. EAA-ESPOL. Guayaquil, EC; 1989, Pág. 45-50.

2. ANGLADETTE A., El Arroz. Barcelona, ES. Editorial Blume. 1969, Pág. 9-11 y 36-72.

3. ANDRADE, F. Guía para el Agricultor Arrocero. E.E. Boliche INIAP Ecuador. Boletín Divulgativo No. 177; 1986, Pág. 6-7.

4. DE DATTA SURAJIT K., Producción de arroz Fundamentos y prácticas, Editorial Limusa, Primera Edición, México; 1986, Pág. 395-470

5. DOBERMAN A.; FAIRHURST T. Arroz. Desordenes nutricionales y manejo de nutrientes. 2000, Pág. 46-93.

6. EDIFARM, Vademécum Agrícola 2004 Ecuador, Octava Edición, Ecuador 2004, Páginas 41-52.

7. FERNÁNDEZ F., VERGARA B.; YAPIT, N.; GARCÍA, O., Crecimiento y Etapas de desarrollo de la Planta de Arroz. *In Arroz:* Investigación y Producción. Cursos de Capacitación sobre Arroz. CIAT (Centro Investigacional de Agricultura Tropical) 1985, pág. 83-100.

8. FOTH HENRY, Fundamentos de la ciencia del suelo. Editorial Continental. México. Primera Edición 1985, pág. 338- 342

9. GAUCHER G., El suelo y sus características agronómicas. Ediciones Omega. Barcelona.

10. GONZALES J., Origen, Taxonomía y Anatomía de la planta de arroz. *In Arroz:* Investigación y Producción. Cursos de Capacitación sobre Arroz. CIAT (Centro Investigacional de Agricultura Tropical) 1985, pág. 45-80

11. INIAP. (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), Manual del Cultivo de Arroz. No. 66. E. E. Boliche. 2007

12. KIRBY E., RÖMHELD V., Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. Informaciones Agronómicas. No. 68. International Plant Nutrition Institute. Quito – Ecuador. 2008, Pág. 1-3.

13. POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE (PPI), POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA (PPIC), INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO (INPOFOS), Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Primera impresión, versión en Español, Mayo 1997.

14. SIMONDS R., CAICEDO A., HERRERA P., GOMEZ L., LOZA13NO M., El Arroz de Riego. CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias). Colombia; Primera Edición; 1997.

15. TRILLAS, Manual para educación agropecuaria. Arroz. Área: Producción Vegetal. Primera Edición, Octava Impresión, México 1993, Pág. 33-49.

16. http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=75&TB_iframe=true&height=533&width=1164

17. http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Arroz.pdf

18. http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=556:recomendaciones-para-el-control-del-caracol-en-el-cultivo-de-arroz-difunde-el-iniap-&catid=1:noticias&Itemid=20