



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

**FACULTAD DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA CARRERA DE AGRONOMÍA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA:

**“ ABSORCIÓN DE NUTRIENTES (NPK) EN EL CULTIVO DE
ARROZ (*Oriza sativa* L) VARIEDAD INIAP 14”**

AUTOR:

LOOR BRAVO CARLOS JOEL

TUTOR:

ING. EDISSON WILFRIDO CUENCA CUENCA Mg. Sc.

SANTA ANA – MANABÍ- ECUADOR

2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

**FACULTAD DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA CARRERA DE AGRONOMÍA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA:

**“ ABSORCIÓN DE NUTRIENTES (NPK) EN EL CULTIVO DE
ARROZ (*Oriza sativa* L) VARIEDAD INIAP 14”**

AUTOR:

LOOR BRAVO CARLOS JOEL

TUTOR:

ING. EDISSON WILFRIDO CUENCA CUENCA Mg. Sc.

SANTA ANA – MANABÍ- ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN

Ingeniero Agrónomo

EDISSON CUENCA CUENCA Mg. Sc.

CERTIFICO:

Que el trabajo de titulación “ **Absorción de nutrientes (NPK) en el cultivo de arroz (*oriza sativa* l) variedad INIAP 14**” es trabajo original del egresado Carlos Joel Loor Bravo, el cual fue realizado bajo mi dirección.

Ing. Edison Cuenca Cuenca Mg. Sc.

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICACIÓN

Ingeniero Agrónomo

FRANCISCO JAVIER ARTEAGA ALCÍVAR Mg. Sc.

CERTIFICO:

Que el trabajo de titulación “ **Absorción de nutrientes (NPK) en el cultivo de arroz (*oriza sativa* l) variedad INIAP 14**” es trabajo original del egresado Carlos Joel Loor Bravo, el cual fue realizado bajo mi dirección.

Ing. Francisco Javier Arteaga Alcívar Mg. Sc.

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN

Loor Bravo Carlos Joel, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración de este trabajo investigativo es de sumo derecho de propiedad intelectual del autor.

Loor Bravo Carlos Joel

DEDICATORIA

A Dios, ser divino y celestial quien guio cada uno de mis pasos y me dio las fuerzas necesarias para enfrentar cada obstáculo de mi vida y nunca desfallecer ante los problemas.

Con profundo amor y cariño a quienes son mi mayor motivación día tras día mis queridos padres Sr Carlos Loor y Sra. Carmen Bravo por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mis hermanas Carmen y Karla por estar siempre presentes acompañándome en todo momento, dándome ánimos y fuerzas para alcanzar el éxito.

A mis familiares y amigos que de una u otra forma siempre estuvieron apoyándome y compartiendo buenos y malos momentos junto a mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser luz y guía en cada paso de mi vida y brindarme la capacidad necesaria para alcanzar mis metas anheladas.

A toda mi familia principal y especialmente a mis amados padres y hermanas por ser mi pilar fundamental para concluir esta hermosa etapa de mi vida.

A la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí de la cual llevo las mejores enseñanzas.

Al Ing. Edison Cuenca Cuenca Director de tesis por el apoyo brindado para la ejecución de la investigación, porque gracias a sus conocimientos llego a concluirse con éxito.

A cada uno de los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica quienes me impartieron sus conocimientos técnicos, éticos y morales ayudándome a ser cada día mejor persona.

A mis amigas y compañeras Alba, Katy y especialmente Jennifer quienes me han apoyado incondicionalmente en todo momento.

Al personal de la biblioteca FIAG en especial a mis dos amigos Lcdo. Alejandro Barcia Muentes y Ramón Almeida, por la ayuda constante y permanente que a diario a lo largo de mi carrera estuvieron siempre.

Eterna gratitud a todos.

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN / PROBLEMÁTICA	3
II.	ANTECEDENTES.....	5
III.	JUSTIFICACIÓN	6
IV.	OBJETIVOS	7
4.1.	General	7
4.2.	Específicos.....	7
V.	MARCO REFERENCIAL	8
5.1.	Generalidades del arroz.....	8
5.1.1.	Clasificación taxonómica	8
5.1.2.	Descripción botánica	8
5.1.3.	Fases fenológicas del cultivo	10
5.1.4.	Eco fisiología del cultivo.....	11
5.1.5.	Características de la variedad INIAP-14	12
5.2.	Nutrición del Cultivo de arroz.....	12
5.2.1.	Nitrógeno	13
5.2.2.	Fósforo.....	14
5.2.3.	Potasio	15
5.3.	Distribución de nutrientes en arroz	16
5.4.	Extracción de nutrientes.....	17
5.5.	Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes	18
5.5.1.	Edáficos	18
5.5.2.	Relacionados con la planta	20
5.5.3.	Relacionados con las condiciones climáticas	20
VI.	MATERIALES Y METODOS.....	22

6.1.	Ubicación.....	22
6.2.	Caracterización de la zona en estudio.....	22
6.3.	Características pedológicas.....	22
6.4.	Material genético	23
6.5.	Tratamientos.....	24
6.6.	Diseño experimental.....	24
6.7.	Delineamiento experimental.....	24
6.8.	Variables de respuestas	25
6.8.1.	Precocidad	25
6.8.2.	Altura de planta (cm) a los 25-50-75-100 días después del trasplante (ddt)..	25
6.8.3.	Panícula por planta	25
6.8.4.	Granos por panícula.....	25
6.8.5.	Rendimiento (kg ha ⁻¹).....	25
6.8.6.	Extracción de nutrientes en raíz, tallos-hojas, espiga y granos de arroz (kg ha ⁻¹).....	25
6.8.7.	Análisis físico químico de suelo.....	26
6.9.	Manejo del ensayo	26
6.9.1.	Muestreo de suelo.....	26
6.9.2.	Preparación del suelo.....	26
6.9.3.	Preparación del semillero	26
6.9.4.	Trasplante	26
6.9.5.	Fertilización	27
6.9.6.	Riego.....	27
6.9.7.	Control fitosanitario.....	27
6.9.8.	Cosecha.....	28

6.9.9. Recolección de la muestra de tejidos foliares.....	28
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
7.1. Variables agronómicas evaluadas (peso seco de raíz y tallo; longitud de raíz y tallo)	29
7.2. Extracción de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de arroz.....	31
7.3. Rendimiento, número de gavillas por planta y número de grano por gavillas en el cultivo de arroz.	37
7.4. Distribución de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de arroz	40
7.5. Efecto de la extracción de nitrógeno, fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivo de arroz	41
VIII. CONCLUSIONES.....	45
IX. RECOMENDACIONES	46
X. BIBLIOGRAFÍA.....	47
XI. ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del arroz.....	8
Tabla 2. Extracción de nutrientes en arroz.....	17
Tabla 3. Características climatológicas.....	22
Tabla 4. Análisis de suelo.....	23
Tabla 5. Dosis a usar en cada tratamiento.....	24
Tabla 6. Fraccionamiento y porcentaje de cada fertilización.....	27
Tabla 7. Evaluación de longitud de raíz y tallo, y peso seco de raíz y tallo en diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz.....	29
Tabla 8. Evaluación de extracción de nitrógeno radicular, fosforo radicular, potasio radicular, en diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz.....	31
Tabla 9. Evaluación de extracción de nitrógeno foliar, fosforo foliar, potasio foliar, en diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz.....	33
Tabla 10. Evaluación de extracción de nitrógeno, fosforo y potasio en grano, en diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz.....	35
Tabla 11. Evaluación de extracción total de nitrógeno, fosforo y potasio en el cultivo de arroz.....	36
Tabla 12. Evaluación del rendimiento, número de gavillas por planta y número de grano por gavilla en el cultivo arroz.....	37

ÍNDICE DE GRAFICO

Grafico 1. Evaluación de la distribución de NPK en diferentes órganos de arroz.....	39
Grafico 2. Relación de la extracción total de N sobre el rendimiento en el cultivo de arroz variedad INIAP 14.....	41
Grafico 3. Relación de la extracción total de P sobre el rendimiento en el cultivo de arroz variedad INIAP 14.....	42
Grafico 4. Relación de la extracción total de K sobre el rendimiento en el cultivo de arroz variedad INIAP 14.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Elaboración y siembra del semillero.....	60
Anexo 2. Trasplante.....	60
Anexo 3. Control de insectos y malezas	60
Anexo 4. Fertilización	61
Anexo 5. Recolección de muestra.....	61
Anexo 6. Limpieza de muestra y riego.....	61
Anexo 7. Separación de órganos y medición de longitud de raíz y tallo.....	62
Anexo 8. Maduración y cosecha.....	62
Anexo 9. Secado en estufa y trasladado al laboratorio.....	62

RESUMEN

El arroz (*Oriza sativa* L), es considerado como uno de los cultivos más importantes a nivel mundial debido a su gran aporte nutricional, además en el ámbito social y productivo es el principal sustento de muchos agricultores. La presente investigación se realizó en el sitio el Horcón del Cantón Rocafuerte, Provincia Manabí. El objetivo fue evaluar la absorción de nutrientes (NPK) en el cultivo de arroz variedad INIAP 14. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y tres replicas. Los tratamientos fueron elaborados mediante aplicación de cuatro niveles de NPK (0-0-0, 50-20-75, 100-40-150, 150-60-225). Los resultados mostraron que la extracción de nutrientes (NPK), en los primeros 25 días después del trasplante no hubo diferencia estadística entre los tratamientos, el efecto se evidencio a partir de los 50 ddt, encontrándose la mayor extracción de nitrógeno y potasio en el tratamiento con la mayor dosis aplicada (T3), mientras que en fósforo se dio en el T2. En la concentración de nutrientes la mayor concentración de nitrógeno y fosforo se obtuvo en el grano seco de arroz, mientras que el potasio se almaceno en su mayoría en tallos y hojas, por otro lado, la menor concentración para nitrógeno, fósforo y potasio se dio a nivel radical. Con todo ello se evidencia la existencia de un límite en la capacidad de extracción para N y K, puesto que no con la mayor dosis de nutriente aplicado (T3), se logra obtener el mayor rendimiento a pesar de tener la mayor extracción de N y K; sin embargo, para el caso del P, se ve reflejado que, a mayor extracción, mayor es el rendimiento.

Palabras claves: Concentración de NPK, distribución de NPK, etapas fenológicas, extracción de nutrientes.

SUMMARY

The rice (*Oriza sativa* L), is considered one of the most important crops worldwide due to its great nutritional contribution. This social and productive field is also the main sustenance of the many farmers. The present investigation was carried out in the Horcón site of the Rocafuerte Cantón, of the Manabí Province. The objective was to evaluate the absorption of nutrients (NPK) in the INIAP 14 variety rice crop. A randomized complete block design with four treatments and three replicates was used. The treatments were elaborated by applying four levels of NPK (0-0-0, 50-20-75, 100-40-150, 150-60-225). The results showed that nutrient the extraction (NPK), in the first 25 days after transplantation, there was not statistical difference between the treatments, the effect was evident after 50 ddt, with the highest extraction of nitrogen and potassium in the treatment with the highest applied dose (T3), while phosphorus occurred in T2. In the concentration of nutrients, the highest concentration of nitrogen and phosphorus was obtained in the dry grain of rice, while potassium was stored mostly in stems and leaves. On the other hand, the lowest concentration for nitrogen, phosphorus and potassium was given at the radical level. With all this, there is evidence of a limit in the extraction capacity for N and K, since not with the highest dose of applied nutrient (T3), it is possible to obtain the highest yield despite having the highest extraction of N and K; however, in the case of P, it is reflected that, the higher the extraction, the greater the yield.

Keywords: NPK concentration, NPK distribution, phenological stages, nutrient extraction.

I. INTRODUCCIÓN / PROBLEMÁTICA

El arroz (*Oriza sativa* L), es considerado como uno de los cultivos más importantes a nivel mundial debido a su gran aporte nutricional, además en el ámbito social y productivo es el principal sustento de muchos agricultores (Chica, *et al* 2016). Es de origen asiático pero debido a su fácil adaptabilidad se ha logrado cultivar en otros continentes, tales como América Latina, África y Europa (Moreno, 2014).

Según la FAO (2013), citado por Pinciroli, *et al* (2015), la producción mundial anual de arroz es de 497,7 millones de toneladas, encontrándose China e India como mayores productores con el 90%. Sin embargo, para el año 2017 esas cifras alcanzaron los 756,7 millones de toneladas (FAO, 2017).

En Ecuador el rendimiento de esta gramínea ha sido variante para cada año, alcanzándose en el 2015 un rendimiento de 5,24 t ha⁻¹ el registro más elevado en los últimos años, gracias a las políticas de fomento productivo implementadas (MAG, 2015). Por otro lado, Castro (2017) manifiesta que para el 2016 se alcanzó un rendimiento de 4,16 t ha⁻¹, estadísticamente menor al del 2015. La mayor parte de la producción se centra en dos provincias: Los Ríos y Guayas, que representan el 83%; les siguen: Manabí con el 11%, Esmeraldas, Loja y Bolívar, con el 1% cada una; mientras que el 3% restante se distribuye en otras provincias (Morocho, 2014).

Morocho (2014), considera que el bajo rendimiento de este cultivo se debe al manejo poco tecnificado, a la baja fertilidad de los suelos, uso de variedades de bajo rendimiento, y al poco conocimiento sobre planes de fertilización que permitan expresar el máximo potencial de rendimiento del cultivo. La fertilización del cultivo normalmente se maneja con la aplicación de N, P, K, S y Zn, en donde las fuentes y épocas dependen de los tipos de suelo y de las condiciones del clima (Molina y Rodríguez, 2012).

Por todo ello y considerando la situación de los productores de esta gramínea es evidente la necesidad de profundizar en el conocimiento del manejo de la producción de arroz estimando la demanda de nutrientes del cultivo (Aguilar, 2010).

Es así que para ampliar el conocimiento sobre los requerimientos nutricionales en arroz, es necesario disponer de información sobre las cantidades extraídas por la planta a través de su ciclo de vida, pudiéndose evaluar las curvas de absorción de nutrientes (Vega y Salas, 2012), además es una herramienta valiosa que ofrece un respaldo importante a los programas de fertilización del cultivo (Medina, 2011), considerando tanto la cantidad de abono, como la época idónea para hacer las aplicaciones (Vega y Salas, 2012).

II. ANTECEDENTES

Rodríguez (1999), indica que variedades modernas de alto rendimiento (5 t ha^{-1} de grano), pueden remover del suelo 110 kg N , $34 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ y $156 \text{ kg K}_2\text{O}$ por hectárea.

Estudios realizados por Azofeifa, *et al* (2005) en absorción y distribución de nutrientes en plantas de arroz mostraron que el orden de extracción de nutrientes fue $\text{K} > \text{N} > \text{P} > \text{Ca} > \text{S}$ y Mg , con valores de 180 , 139 , 26 , 38 y 13 kg ha^{-1} respectivamente, las cantidades de nutrientes en las distintas partes de la planta variaron durante el ciclo de crecimiento; al final del ciclo, la planta acumula el N , P , Mg , K , y S , en mayor cantidad en los frutos y el Ca especialmente en la parte aérea.

Por otra parte Aguilar (2010), realizó un estudio en manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de arroz (*Oriza sativa*) en tres zonas del río Guayas-Ecuador, los resultados para N mostraron que en la época seca el potencial de rendimiento fue menor 8.000 kg ha^{-1} , mientras que en la época lluviosa fue mayor $15.000 \text{ kg ha}^{-1}$, la absorción de P en la época seca fue de 6.000 kg ha^{-1} , un 50% menos con respecto a la época lluviosa, lo que indica que para la época lluviosa se puede esperar un rendimiento de $13.000 \text{ kg ha}^{-1}$; en K para un rendimiento de 8.000 kg ha^{-1} se absorbió 137 kg ha^{-1} en la época seca y 130 kg ha^{-1} en la lluviosa.

Mientras tanto Medina (2011), estudió la absorción de nutrientes minerales por la variedad Fedearroz Lagunas Clearfield en Gamarra-Cesar donde determinó que la dinámica de absorción del K es muy similar a la del N alcanzando su máxima absorción en la etapa de inicio de primordio floral con una tasa de absorción de 73 kg ha^{-1} que es inferior a la del nitrógeno en relación $1,88:1$; en cuanto al P la máxima absorción se da en la etapa de inicio de primordio floral (14 kg ha^{-1}).

Otros autores manifiestan que para obtener una tonelada de panoja fresca el cultivo de arroz necesita: $2,4\text{-}4,0 \text{ kg}$ de Nitrógeno (N); $0,4\text{-}1,0 \text{ kg}$ de Fósforo (P_2O_5); $3,4\text{-}5,29 \text{ kg}$ de Potasio (K_2O); $0,55\text{-}1,80 \text{ kg}$ de Calcio (CaO) y $0,28\text{-}0,49 \text{ kg}$ de Magnesio (Mg) (Salazar, *et al* 2013).

III. JUSTIFICACION

El acelerado crecimiento de la población va unido a la necesidad de obtener alimentos para el Ecuador y el mundo, motivo por el cual en nuestro país se ha incrementado el interés por desarrollar nuevas variedades de arroz obtenidas por el INIAP, estas variedades presentan un alto potencial de rendimiento, pero es necesario que se las cultive según las técnicas recomendadas para lograr el máximo desarrollo de sus características genéticas (Torres, 2013).

Molina y Rodríguez (2012), manifiestan que, dentro del uso de insumos en el cultivo de arroz, la fertilización es un factor importante para obtener altos rendimientos.

El manejo de los nutrientes se define como el conjunto de prácticas que se aplican al suelo o a la planta en función de la fertilidad natural del suelo, las necesidades del cultivo, el clima, la consideración de la fertilidad física, química, biológica la oferta y el tipo de fertilizante, el nivel tecnológico del productor y la conservación del ambiente, para lograr una alta productividad agrícola (Medina, 2011).

El principal objetivo de la aplicación de un fertilizante es suministrar una cantidad razonable de nutrientes cuando la planta lo demanda durante sus diferentes etapas de desarrollo, además permite conocer la acumulación de nutrientes en el tiempo en los diferentes tejidos, y si se diseña una curva de aplicación en función de la absorción se puede establecer un programa gradual a lo largo del ciclo que maximice la eficiencia de la fertilización en el campo; para comprender como la cantidad de nutrientes afecta los rendimientos es recomendable analizar cómo se determina el rendimiento en grano a través de los procesos de acumulación de materia seca; luego las funciones de absorción y distribución, síntomas de deficiencia y requerimientos nutricionales (Medina, 2011).

Por todo ello surge la necesidad de ampliar el conocimiento sobre los requerimientos nutricionales en la variedad de arroz INIAP-14 mediante la curva de absorción de nutrientes.

IV. OBJETIVOS

4.1. General

- Evaluar la absorción de nutrientes (NPK) en el cultivo de arroz variedad INIAP 14.

4.2. Específicos

- Determinar la extracción de NPK por etapa fenológica en el cultivo de arroz variedad INIAP 14.
- Analizar la distribución de nutrientes en los diferentes órganos de arroz variedad INIAP 14.
- Determinar el efecto de la extracción total de NPK sobre el rendimiento en el cultivo de arroz variedad INIAP 14.

V. MARCO REFERENCIAL

5.1. Generalidades del arroz

5.1.1. Clasificación taxonómica

Moquete (2010) clasifica al arroz de la siguiente manera:

Tabla 1. Clasificación taxonómica del arroz.

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Genero	<i>Oryza</i>
Especie	<i>sativa</i>

5.1.2. Descripción botánica

Valladares (2010), manifiesta que el arroz es una planta anual con tallos redondos y huecos, de hojas planas y una panoja terminal. Generalmente está adaptada a crecer en suelos inundados, pero también puede hacerlo en suelos de secano.

Por su parte Olmos (2006), expresa que la planta puede alcanzar una altura hasta de 1 m lo cual depende de cada variedad y condiciones de crecimiento; así mismo, dice que en climas tropicales el arroz puede sobrevivir como perenne al tener la capacidad de rebrotar luego de realizada la cosecha.

En cuanto a la raíz, Carreres (1989); citado por Torres (2013), menciona que la principal función es, dar anclaje a la planta en el terreno, mas no desempeña una función nutritiva, cuando las raíces embrionarias empiezan a degenerarse son sustituidas rápidamente por coronas de raíces que se forman en cada nudo situado en la base del tallo. Después y progresivamente las raíces se desarrollan en cada tallo formado durante el ahijamiento y a menudo también en los nudos más elevados, como en el caso de trasplante.

El tallo es erecto y cilíndrico y se encuentra formado por nudos y entrenudos alternados, generalmente son de 4-6 entrenudos alargados que pueden llegar a medir más de 1 cm al momento de la cosecha. En cada nudo se forma una yema y una hoja; los hijos que son tallos verdaderos empiezan a desarrollarse en orden alterno en el tallo principal (Moquete, 2010).

Morfológicamente la hoja de la planta de arroz está conformada por lámina, vaina, lígula y aurícula, existen alrededor de 6 hojas por macollo, desarrollándose una hoja en forma alterna a lo largo del tallo; la que se encuentra en la parte superior debajo de la panoja es la hoja bandera. En el momento de la floración solamente hay presentes 3-4 hojas verdes en el tallo o macollo, quedando como responsables de la fotosíntesis del 80% de los carbohidratos las dos hojas superiores (Pincirolí, *et al* 2015).

Las flores del arroz se encuentran agrupadas en una estructura ramificada llamada panícula la cual emerge del último nudo del tallo conocido como nudo ciliar. La panícula consta de un eje principal cuya parte superior comprende al raquis y la inferior al pedúnculo que se encuentra cubierto por la hoja bandera (INIA, 2004). Sobre el raquis se forman un sinnúmero de ramificaciones que finalmente rematan en el pedicelo y sobre este se desarrollan las espiguillas en donde se encuentran las flores propiamente dichas. Las flores comprenden seis estambres y un pistilo donde se distinguen el ovario, estilo y estigma Valladares (2010).

La espiguilla consta de tres piezas florales, entre ellas las más importantes la lemma y la palea estructuras que conforman la cascara del grano. Una vez producida la apertura de las espiguillas e incluso un poco antes ocurre la polinización y luego inmediatamente se cierran

para comenzar la formación del grano. Las flores del arroz tienen los dos sexos en la misma flor (INIA, 2004).

Grist (1982); citado por Torres (2013), expresa que el arroz generalmente se auto poliniza, aunque puede efectuarse una polinización cruzada que comúnmente no supera al 1% pero en algunos casos puede llegar hasta el 30%.

El fruto o semilla del arroz se encuentra rodeada por una estructura llamada pericarpio, formando así de esta forma un fruto llamado cariósido; la cariósido a su vez está incluido dentro del lema y de la palea siendo estas estructuras la que constituyen la cascara Valladares (2010).

5.1.3. Fases fenológicas del cultivo

El crecimiento de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo que comprende desde la germinación hasta la madurez del grano. Durante este proceso ocurren cambios fisiológicos y morfológicos que modifican su funcionamiento, todos estos cambios están relacionados con la edad de la planta y dependen en mayor o menor grado con su interacción con el ambiente (Moquete, 2010).

a. Fase vegetativa

Tiene su inicio con la germinación de la semilla, se caracteriza por un activo macollamiento, un gradual incremento de la altura de las plantas, la emergencia de las hojas a intervalos regulares, hasta el momento en que inicia la formación de la panícula. Su duración puede variar entre 35-65 días, dependiendo de la variedad, la zona y la época de siembra (Chávez y Vásquez, 2015).

b. Fase reproductiva

Comprende el período entre la iniciación de la panícula y el momento de floración. Su duración aproximada es de 35 días (INIA, 2004).

c. Fase de madurez

Abarca todo el proceso desde la emergencia de la panícula (floración), el llenado y desarrollo de los granos hasta la cosecha, dura de 30-40 días dependiendo de la variedad. En esta fase se determina el peso del grano a la madurez (Márquez, 2013).

Generalmente el ciclo vegetativo y reproductivo de las variedades de arroz varía de 120 a 140 días desde la germinación hasta la cosecha del grano (Márquez, 2013).

5.1.4. Eco fisiología del cultivo

SAG (2003); Citado por Gonzales (2015), establece que para alcanzar una mayor productividad el arroz requiere de suficiente radiación solar y temperaturas relativamente altas, así mismo el suministro de agua debe ser suficiente durante todo el ciclo del cultivo.

Todos estos factores afectan directa e indirectamente los procesos fisiológicos de la planta, incidiendo así en la producción de grano y la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo.

La planta de arroz generalmente a diario requiere una temperatura promedio de 20-30°C (Mendoza, *et al* 2011). Cuando se producen temperaturas bajas en las primeras etapas de crecimiento se retrasa el desarrollo de las plantas lo que reduce la formación de hijuelos lo que trae consigo un retraso en la floración y, si las temperaturas son bajas después de la floración se reduce el número de espiguillas fertilizadas y su peso (Chen, 2007).

Conociendo que la planta de arroz es semiacuática por lo que puede desarrollarse en suelos inundados gracias a la presencia de un tejido especializado llamado aerénquima que le permite la llegada del oxígeno hasta las raíces, la inundación se considera un requisito necesario para obtener altos rendimientos pues evita el estrés hídrico, aumenta la disponibilidad de nutrientes como P, K, Fe, Mn, Ca y Mg, además ayuda en el control fitosanitario (Olmos, 2006).

Por otra parte, la textura del suelo es de gran importancia en cuanto al manejo del riego y la fertilización, es por ello que se recomienda suelos de textura fina y media, propia del proceso de sedimentación de las llanuras inundadas y deltas de los ríos, además poseen un

mayor contenido de materia orgánica importante para el suministro de nutrientes (Pulido, 2016).

El pH óptimo para el arroz es de 6,6 puesto que la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, y la disponibilidad de fósforo son altas. Además, las concentraciones de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes como son el aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos están por debajo del nivel toxico (Morán, 2012).

5.1.5. Características de la variedad INIAP-14

Según Mendoza, *et al* (2011).

- ✓ Ciclo vegetativo: 113-117 días.
- ✓ Altura de planta: 99-117 cm.
- ✓ Características del grano: largo, entero al pilar 62%.
- ✓ Latencia de la semilla: 4-6 semanas.
- ✓ Resistente al acame.
- ✓ Densidad de siembra (sembradora): 80kg/ha de semilla certificada.
- ✓ Densidad de siembra (voleo): 100kg/ha de semilla certificada.
- ✓ Densidad en semillero: 150-200g de semilla /m².
- ✓ Siembra por trasplante: 30-45 kg/ha semilla certificada semillero.
- ✓ Resistente a: *Pyricularia grisea*
- ✓ Moderadamente resistente a: Hoja blanca RHBV, Manchado del grano, *Sarocladium oryza*.
- ✓ Susceptible a: *Pyricularia grisea* en la zona de Valencia (provincia de Los Ríos).
- ✓ Rendimiento promedio: 5300-6800 kg/ha (arroz en cáscara al 14% de humedad) y 8400- 10000 kg/ha en riego (arroz en cáscara al 14% de humedad).

5.2. Nutrición del Cultivo de arroz

Actualmente toda actividad agrícola tiene por objetivo alcanzar la mejor productividad y rentabilidad en un cultivo; motivo por el cual es necesario que estos se manejen de manera adecuada, siendo la nutrición mineral la práctica y la base fundamental para obtener el

óptimo rendimiento de los procesos fisiológicos, bioquímicos y genéticos en las plantas (Oliveros, *et al* 2014).

Una fertilización apropiada promueve el crecimiento de las raíces, ayudando así a las plantas a soportar efectos adversos de la sequía, porque la absorción de nutrientes es mayor cuando más desarrolladas son estas, lo que favorece la oxigenación y la circulación de agua en el suelo (SAG, 2006).

Arnon y Stoud (1939) determinan para que un elemento sea considerado como esencial debe cumplir ciertos criterios, siendo el primero: que el elemento sea necesario para completar el ciclo de vida de una planta, el segundo es que ningún otro elemento sustituye al elemento en cuestión, y por último que el elemento debe de estar involucrado en el metabolismo de la planta.

Los fertilizantes promueven nutrientes que los cultivos necesitan, con ellos se pueden producir más alimentos y cultivos comerciales de mejor calidad; además se puede mejorar la baja fertilidad de los suelos que han sido sobreexplotados. Sin embargo, se torna difícil estimar exactamente la contribución de los fertilizantes minerales al aumento de la producción agrícola, debido a la interacción de muchos otros factores importantes; no obstante, los fertilizantes seguirán desempeñando un papel importante y decisivo en la agricultura y esto sin tener en cuenta cuales tecnologías nuevas puedan aun surgir (FAO,1992).

5.2.1. Nitrógeno

El nitrógeno (N) es un constituyente esencial en la formación de aminoácidos, ácidos nucleicos y la clorofila (Dobermann y Fairhurst, 2005). Además, promueve el rápido crecimiento de la planta, numero de macollos, aumento del tamaño de las hojas, el número de espiguillas por panoja, el porcentaje de espiguillas llenas y el contenido de proteínas en el grano. Por todo ello se considera que este elemento afecta todos los parámetros que contribuyen al rendimiento (Montero, *et al* 2017).

Su asimilación se da en forma de amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-), la mayor cantidad de amonio absorbido es incorporado a los compuestos orgánicos en las raíces, mientras el

nitrito tiene una mayor movilidad en el xilema y además se almacena en las vacuolas en las diferentes partes de la planta (Porras, 2013).

Vargas (2002) expresa que las plantas absorben rápidamente el N durante las primeras etapas de desarrollo hasta el final de la etapa de grano pastoso y que la mayor parte de este elemento es almacenado en las láminas y vainas hasta la etapa de floración, a partir de este momento el N acumulado en las partes aéreas se transloca rápidamente a los granos y el otro 50% de contenido de N en el grano ocurre después de la floración.

Cuando existe deficiencia de este elemento los primeros síntomas aparecen en las hojas viejas y algunas veces en todas las hojas, las cuales toman un color verde claro con las puntas más amarillentas. Excepto por las hojas jóvenes que son más verdes, todas las hojas son angostas, cortas, erectas y de color verde amarillento (Porras, 2013). Por otra parte, Kumar y Kumar (2011) dicen que las plantas deficientes de nitrógeno presentan achaparramiento y se observan largas, delgadas y raquíticas con bajo macollamiento lo que afecta de manera severa al rendimiento del grano.

Por su parte un exceso de N promueve al desarrollo de plantas muy suculentas de amplio desarrollo vegetativo, las hojas adquieren un color verde oscuro y ocurre un retraso en la maduración. También existe una mayor sensibilidad a enfermedades por parte de los cultivos al quedar los tejidos verdes y tiernos por mucho tiempo expuestos a patógenos que se alimentan de los jugos ricos en nitrógeno (Navarro y Navarro, 2003).

La concentración de N en las hojas se encuentra estrechamente relacionada con la tasa de fotosíntesis en las hojas y la producción de biomasa del cultivo y, cuando se realiza una aplicación suficiente de este elemento se incrementa la demanda de otros macronutrientes como P y K por el cultivo (Dobermann y Fairhurst, 2005).

5.2.2. Fósforo

Navarro y Navarro (2003), manifiestan que el fósforo (P) se encuentra en concentraciones variables en todos los tejidos de la planta. Su valor medio expresado en P_2O_5 , puede encontrarse entre 0,5 y 1% de materia seca.

Las plantas absorben el fósforo principalmente como ion orto fosfato primario (H_2PO_4^-), aunque también se absorbe como ion fosfato secundario ($\text{HPO}_4^{=}$) a medida que incrementa el pH (Munera y Meza, 2012).

Este elemento juega un papel importante en el metabolismo energético de la planta al formar parte de las moléculas de AMP, ADP, ATP y de los ácidos nucleicos ADN y ARN. También participa en procesos como fotosíntesis, respiración y síntesis de almidón; aparte de ello forma parte del ácido fitico, compuesto importante que interviene en la germinación de las semillas y desarrollo de la raíz (Rodríguez y Flores, 2004).

Fernández (2007), expresa que este elemento es de vital importancia para la generación de células nuevas como en el caso de la producción de raíces al inicio de los ciclos vegetativos y además interviene en la maduración de los frutos.

Debido a que el fósforo es un elemento móvil en las plantas los síntomas de carencia se presentan en las hojas viejas, las cuales se tornan amarillas con tonos rojos (Morón, *et al* 1996).

Por el contrario, al encontrarse en altas concentraciones es común que se produzcan clorosis férricas por la insolubilización que sufre el hierro ante dichos excesos (Navarro y Navarro, 2003).

Mejía (2010), dice también que este elemento en exceso provoca un incremento en el crecimiento de las raíces en relación con el crecimiento de la parte aérea.

5.2.3. Potasio

El potasio (K), es un elemento que tiene relación con la difusión de CO_2 , pues interviene en la apertura y cierre de estomas, es vital en las actividades enzimáticas, y mejora la eficiencia de otros fertilizantes aplicados (Valdez, 2015). Además, el suministro adecuado de este elemento permite una mayor tolerancia de la planta al ataque de plagas, enfermedades, al acame, sequías y heladas (Lazcano, 2016).

Las plantas absorben este elemento en forma de ion K^+ ; aunque en el suelo y los fertilizantes se expresa en K_2O tomando el nombre de potasa (Larriva, 2003).

Patiño (2015), expresa que las plantas de arroz absorben potasio en forma continua durante todas sus fases de desarrollo hasta el final de la etapa lechosa del grano y luego decae. Al menos del 12% de potasio es acumulado en los granos y cerca del 89% se distribuye en tallos y hojas.

Los primeros síntomas de deficiencia empiezan con plantas de color verde oscuro que tienen hojas con márgenes de color amarillo parduzco o puntos necróticos. Estos síntomas aparecen primeramente en las hojas viejas debido a la fácil movilidad de este elemento dentro de la planta (García y Quinke, 2012).

Cuando la deficiencia es más severa el color amarillo parduzco de las hojas empieza a desplazarse a lo largo del filo llegando finalmente a la base de la hoja. Las hojas superiores se tornan cortas, agobiadas y de un color verde oscuro sucio, las hojas viejas cambian de color amarillo a café y si la deficiencia no se corrige aparece una decoloración gradual de las hojas jóvenes; las puntas y los márgenes de las hojas suelen secarse. También saben presentarse fajas amarillas a lo largo del tejido intervenal y se agobian las hojas bajas (Dobermann y Fairhurst, 2001).

Valadez (2015), dice que la deficiencia de este elemento también provoca una pobre viabilidad del polen y translocación tardía de carbohidratos, lo que conlleva a tener espiguillas estériles o granos vanos.

Por otro lado, cuando hay exceso de potasio es común que la planta también lo absorba en exceso; lo que ocasiona una interferencia en la absorción y disponibilidad fisiológica del Mg y el Ca (Mejía, 2010).

Una nutrición potásica adecuada mejora en muchos aspectos la calidad de los cultivos, pues hay un mayor porcentaje comercializable del rendimiento total, los granos tienen un mayor contenido de proteínas, aceites y vitamina C (Imas, *et al* s.f).

5.3. Distribución de nutrientes en arroz

Según Medina (2011), las curvas de la dinámica de absorción de los nutrientes nitrógeno, fósforo y potasio presentan una tendencia similar, resultando ser continua a lo largo del

crecimiento y desarrollo de la planta, mostrando tasas crecientes de absorción de los tres nutrientes hasta la etapa de desarrollo de la planta e inicio de primordio floral y disminuyendo sus tasas de absorción en las etapas de desarrollo de inicio de floración y maduración.

La máxima absorción de N 137 kg ha^{-1} se produce entre las etapas de desarrollo de macollamiento activo a inicio de primordio floral, y se reduce progresivamente en las etapas de desarrollo inicio de floración y maduración.

En el caso del fósforo la tasa de absorción es creciente hasta la etapa de desarrollo e inicio de primordio floral donde realiza su máxima absorción de 14 kg ha^{-1} , a partir de ello la tasa de absorción decrece durante las etapas de desarrollo de inicio de floración y maduración. La translocación de este nutriente se lleva a cabo desde tallos y hojas hacia las panículas, en un proceso que continúa hasta la etapa de grano pastoso, este evento coincide con la translocación y acumulación de almidón hacia el grano, esto evidencia la relación que existe entre metabolismo de carbohidratos y el fósforo.

La absorción de K es similar a la del N, alcanzando su máxima absorción en la etapa de desarrollo de inicio de primordio floral 73 kg ha^{-1} . El potasio absorbido durante el macollamiento activo ayuda a incrementar el número de panículas por unidad de área, el que se absorbe posteriormente contribuye con el incremento en la formación de granos por panícula y el peso de los granos.

5.4. Extracción de nutrientes

Tabla 2. Extracción de nutrientes en arroz

FUENTE	NITRÓGENO (kg.ha^{-1})	P_2O_5 (kg.ha^{-1})	K_2O (kg.ha^{-1})
Aguilar (2010)	100-138	24-32	125-175
Rodríguez (1999)	110	34	156
Medina (2011)	137	14	73
Molina y Rodríguez (2012)	61	12	197

5.5. Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes

El número de factores que afectan la disponibilidad de nutrientes es muy amplio, se encuentran los relacionados con el suelo, con las plantas y con las condiciones climáticas; todos estos se relacionan profundamente entre sí, por tal motivo es difícil concretar cuál de ellos afecta específicamente la disponibilidad de nutrientes para la planta (FAO, 2000).

5.5.1. Edáficos

a. Textura

La componen las proporciones relativas de arena, limo y arcilla que contiene el suelo y dependiendo de ello estos pueden ser arenosos, francos arenosos, francos, francos arcillosos, arcillosos, etc. (Navarro y Navarro, 2003).

Según la FAO (2000), la textura se relaciona íntimamente con la composición mineral, el área superficial específica y el espacio de poros del suelo, lo cual afecta a todos los factores que de una u otra forma participan en el crecimiento de las plantas. Además, interviene en el movimiento y la disponibilidad de agua en el suelo, la aireación, la disponibilidad de nutrientes y la resistencia a la penetración por las raíces.

b. Estructura

Este factor influye en las cantidades de nutrientes minerales que se encuentran disponibles para las plantas. Según Marschner (1985), en suelos estructurados no todas las raíces tienen un contacto completo con la matriz del suelo y, en plantas no micorrizadas el grado de contacto raíz-suelo varía entre los segmentos radicales desde 0 a 100%.

Tanto la textura como la estructura del suelo juegan un papel importante en la fertilidad del mismo y, consecuentemente para el crecimiento de las plantas. En aquellos suelos gruesos (arenosos) la retención del agua y los nutrientes se torna poco eficiente, motivo por el cual es recomendable tener cuidado al momento de aplicar los fertilizantes (nitrógeno y potasio) pues tienden a perderse por lixiviación (Álvarez, *et al* 2010).

Por otra parte, la FAO (2002), dice que los suelos arcillosos acumulan mayor cantidad de nutrientes y humedad, pero suelen tener drenaje y aireación inadecuados. Una forma de

mejorar la estructura de los suelos es haciendo enmiendas cálcicas y aplicando materia orgánica.

c. Porcentaje de oxígeno en el aire del suelo

Ante la ausencia de oxígeno en el aire del suelo la absorción mineral puede inhibirse, por ello es importante que el porcentaje de oxígeno y la proporción en la que se difunde sea el adecuado para mantener una ventajosa presión parcial en la superficie de la raíz. Cada que la atmosfera se enriquece de oxígeno existe un aumento tanto en la absorción como en la respiración. Generalmente las raíces no empiezan a reducir su absorción hasta valores inferiores del 10% de oxígeno en el medio (Navarro y Navarro, 2003).

d. Reacción del suelo (pH)

Sierra, *et al* (2007), establecen que el pH es un factor que influye en la solubilidad de diferentes compuestos, motivo por el cual muchos elementos cambian de forma debido al impacto de las reacciones químicas que ocurren en el suelo, por ello dependiendo de la forma en la que se encuentren estos pueden ser o no absorbidos por las plantas. Por lo general la mayoría de los nutrientes se encuentran disponibles a un valor neutro de pH.

Por otra parte, Landis (1989), expresa que la reacción del suelo afecta en la absorción ya sea por el estado de asimilación del nutriente o por la cantidad disponible del mismo. Los casos más comunes son: el bloqueo o inhibición que puede ser originado por ciertos valores de pH donde el elemento se transforma en un compuesto insoluble debido a que sus características físico-químicas han sido modificadas. Tal es el caso del Hierro, Manganeseo y Cobre que se precipitan ante pH básicos, causando hidróxidos insolubles.

Uno de los casos más comunes es la volatilización del nitrógeno ya que al aplicarse fertilizantes amónicos sobre la superficie de suelos cálidos y básicos la absorción del nutriente puede reducirse notablemente por pérdidas de amoniaco.

e. Interacciones iónicas

La capacidad de intercambio catiónico es un factor importante en la fertilidad de los suelos, las arcillas, la alófana y el humus son compuestos que poseen sitios cargados

negativamente por ende atraen cationes, por lo que a mayor atracción las pérdidas de elementos por lixiviación se reducen (Herrera, 2010).

5.5.2. Relacionados con la planta

Navarro y Navarro (2003), manifiestan que la absorción de nutrientes por medio de la planta también se puede verse afectada por factores como naturaleza de la planta y su estado de desarrollo.

a. Naturaleza de la planta

El poder de absorción de las plantas está influenciado por las distintas especies vegetales cultivadas en un mismo suelo, por lo que desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo cada especie posee una alimentación mineral diferente e incluso hasta variedades de una misma especie vegetal no proceden de la misma forma (Navarro y Navarro, 2003).

b. Fase de desarrollo

Cuando las plantas se encuentran en un periodo vegetativo no muy avanzado tienen la capacidad de absorber con mayor rapidez los elementos minerales lo que les permite tener una máxima proporción de materia seca, después esta va disminuyendo, aunque la absorción se mantiene durante el crecimiento debido a la síntesis de los glúcidos. Generalmente las plantas jóvenes son las indicadas para determinar los elementos asimilables del suelo y las deficiencias minerales que pueden situarse en los cultivos (Navarro y Navarro, 2003).

5.5.3. Relacionados con las condiciones climáticas

a. Temperatura

Netto (2000), explica que la absorción de iones es mayor cuando se produce un aumento de temperatura pues la disolución del suelo tiende a estar más concentrada, pero si la temperatura sobrepasa los 40°C esta absorción se ve interrumpida por causa de la deshidratación de las enzimas que directamente intervienen en el proceso inhibiendo la síntesis de algún componente indispensable.

Caso contrario ocurre cuando las temperaturas son bajas ya que se produce una disminución en la solubilidad de los componentes de la disolución del suelo, además muchas reacciones bioquímicas que juegan un rol importante en el transporte de los nutrientes suelen obstaculizarse.

b. Humedad

En aquellos suelos donde los límites de humedad son altos la absorción mineral es mayor, lo que determina que el agua es un factor que interviene en todos los procesos vitales de las plantas como producción de glúcidos, mantener la hidratación del protoplasma y como vehículo para trasladar los nutrientes que las raíces absorben, es por ello que ante la falta de humedad todos estos procesos se reducen (Netto, 2000).

c. Luz

Navarro y Navarro (2003), dicen que el efecto de la luz sobre la nutrición mineral es indirecto, pues ante un aumento de la iluminación las reservas carbonatadas y la transpiración aumentan.

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en el sitio el Horcón del Cantón Rocafuerte, Provincia Manabí; ubicado geográficamente a 00° 52' 57" de latitud Sur y 80° 29' 10" W de longitud Oeste (INAMI, 2006).

6.2. Caracterización de la zona en estudio

Tabla 3. Características climatológicas

Características climatológicas	
Altitud	29,20 msnm
Precipitación anual	327 mm
Heliofania anual	1.159,1horas luz
Temperatura promedio	26.3°C
Humedad Relativa	73 %

6.3. Características pedológicas

Las características físico-químicas del suelo donde se realizó la investigación se presentan a continuación en la Tabla 4.

El análisis de suelo físico químico detalla que la clase textural es franco-limoso, con un pH ligeramente alcalino, bajo en materia orgánica (M.O) y con una conductividad eléctrica (C.E) salina. La disponibilidad de nitrógeno (N) es baja, por el contrario, fósforo (P) que se encuentra en un nivel medio, en cuanto al calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y azufre (S) se encuentran en concentraciones altas en el suelo. Así mismo la capacidad de intercambio catiónico es alta.

Tabla 4. Análisis de suelo.

Características		Valor
Clase textural	(----)	
pH		8,0
M.O	(%)	0,6
C.E.	dS m ⁻¹	4,51
NH ⁴⁺	(mg kg ⁻¹)	16
P (olsen)	(cmol kg ⁻¹)	19
Ca ²⁺	(cmol kg ⁻¹)	15
Mg ²⁺	(cmol kg ⁻¹)	9,7
K ⁺	(cmol kg ⁻¹)	0,78
S ⁺	(cmol kg ⁻¹)	132
CIC	(cmol kg ⁻¹)	31,78

Fuente: Laboratorio de Análisis de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2018.

6.4. Material genético

Se utilizó la variedad de arroz INIAP -14 distribuida por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.

6.5. Tratamientos

La conformación de los tratamientos fue realizada con diferentes dosis de nitrógeno, fósforo y potasio, a continuación, se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5. Dosis a usar en cada tratamiento

Nº	Tratamientos	Dosis de nutrientes (kg ha ⁻¹)		
		Nitrógeno	Fosforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)
1	T _R	0	0	0
2	T ₁	50	20	75
3	T ₂	100	40	150
4	T ₃	150	60	225

6.6. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y tres réplicas. En el análisis funcional de las variables que se encontraron diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación de medias de Duncan ($P < 0.05$), utilizando SAS versión 9.3.

6.7. Delineamiento experimental

Diseño experimental	DBCA
Número de tratamientos	4
Número de repeticiones	3
Numero unidades experimentales	12
Superficie de unidad experimental (5m x 9m)	45 m ²
Área útil para cada muestreo (3m x 1m)	3 m ²
Distanciamiento entre hileras	0,25 m
Distanciamiento entre plantas	0,25 m
Distancia entre repeticiones	2 m
Número de plantas por sitio	3
Distancia entre unidades experimentales	2 m
Superficie total del ensayo (28m x 33m)	924 m ²

6.8. Variables de respuestas

6.8.1. Precocidad

Se tomaron en cuenta todos los tratamientos visualizándose día tras día hasta el momento de la madurez.

6.8.2. Altura de planta (cm) a los 25-50-75-100 días después del trasplante (ddt).

Para ello se tomaron al azar 10 plantas del área útil y se promedió para el total de plantas de la parcela (55 plantas) y con un flexómetro se realizó la medición desde la base del tallo hasta el ápice de la planta.

6.8.3. Panícula por planta

En esta variable fueron consideradas 10 plantas del área útil de cada tratamiento y luego se realizó el respectivo conteo para promediar con el total de plantas de cada parcela.

6.8.4. Granos por panícula

Para conocer el número de granos por panícula se procedió a realizar el conteo de los mismos, considerando las mismas 10 plantas del área útil y se procedió a promediar para el total de plantas de la parcela.

6.8.5. Rendimiento (kg ha^{-1}).

Una vez observada la madurez del grano se procedió a realizar la cosecha en cada parcela tomando en cuenta cada tratamiento y posteriormente mediante regla de tres se transformó estos datos a kg ha^{-1} .

6.8.6. Extracción de nutrientes en raíz, tallos-hojas, espiga y granos de arroz (kg ha^{-1}).

La extracción de nutrientes se determinó mediante el producto de la concentración de nutrientes por el rendimiento de materia seca de raíz, tallos-hojas, espiga y granos de arroz.

6.8.7. Análisis físico químico de suelo.

La caracterización química de las muestras comprenderá la determinación de pH en agua destilada con relación 1:2.5, fósforo disponible por el método de Olsen, determinándose por espectrofotometría ultravioleta visible, bases cambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y Na^{+}) y capacidad de intercambio catiónico utilizando la solución desplazante con acetato de amonio 1N a pH 7, determinándose por espectrofotometría de absorción atómica, carbono orgánico por el método de Walkey-Black y nitrógeno por el método de Kjeldhal; las propiedades físicas que se evaluarán son textura por el método de pipeta, densidad aparente por el método del cilindro o volumen conocido y densidad real por el método del picnómetro (Rodríguez & Rodríguez , 2011).

6.9. Manejo del ensayo

6.9.1. Muestreo de suelo

Se recolectó una muestra de suelo, la cual se obtuvo de 9 submuestras procedentes de 9 cajuelas de 25cm x 25cm x 30cm (largo ancho y profundidad), de cada una de estas se colectó 120 gramos para obtener un kg de suelo, y posteriormente se llevó al laboratorio a analizar.

6.9.2. Preparación del suelo

Esta actividad fue realizada un mes antes del trasplante, para ello se hizo un pase de rastra y bajo condiciones de terreno inundado se procedió a realizar el fangueo.

6.9.3. Preparación del semillero

Esta labor se realizó un día después de haber realizado el fangueo, para ello se colocó las semillas en el suelo y posteriormente se daba un riego oportuno según las condiciones climáticas, se esperó hasta que germinaran y a los 15 días se aplicó urea. **Anexo1**

6.9.4. Trasplante

Se lo efectuó de forma manual a los 30 días después de la siembra en el semillero de acuerdo a la distribución de las unidades experimentales. **Anexo2**

6.9.5. Fertilización

La fertilización se realizó como se detalla en la tabla 6, a cada tratamiento se le aplicó el porcentaje correspondiente de acuerdo a los días después del trasplante, las fuentes utilizadas fueron urea (46%N), fosfato diamónico (18% N - 46% P₂O₅), y muriato de potasio (60% K₂O). **Anexo3**

Tabla 6. Fraccionamiento y porcentaje de cada fertilización

Elemento	Días después del trasplante		
	8	22	45
Nitrógeno	(30%)	(30%)	(40%)
Fósforo	(40%)	(40%)	(20%)
Potasio	(30%)	(30%)	(40%)

Fuente: Elaboración propia

6.9.6. Riego

Se lo realizo por inundación, y con base a las necesidades del cultivo, salvo el caso cuando se realizó la fertilización y aplicación de herbicidas se procedió a retirar el agua de las parcelas, luego de realizar esta labor se procedió a dar el riego nuevamente. **Anexo5**

6.9.7. Control fitosanitario

a. Control de insectos

Para esta labor se determinaron los principales problemas insectiles presentes en el cultivo, encontrándose plagas como gusanos *Diatraea saccharalis* para su control se aplicó Fipronil (Fiprogent) combinado con Profenofos (Zemu) 250 ml/200 Lt de agua de cada producto. **Anexo 8**

b. Control de enfermedades

Para el control de enfermedades como quemazón provocada por el insecto Sogata (*Tagosodes orizicolus*) y manchado del grano (Pecky rice) se aplicó Carbendazim+Tebuconazole (Rozzo) 500 ml/ 200 Lt de agua y azufre (Azufre 800) 500gr/200Lt de agua respectivamente. **Anexo 8**

c. Control de malezas

Para el control de malezas se aplicó Cyhalofop butyl ester (Clincher) 1 Lt/200 Lt de agua + Penoxulam (Bengala) 1 Lt/ 200 Lt de agua para malezas gramíneas y malezas hojas anchas respectivamente. **Anexo 8**

6.9.8. Cosecha

La cosecha se ejecutó manualmente a los 100 días después del trasplante cuando las plantas de cada tratamiento estuvieron en madurez fisiológica (color amarillo), cortando las plantas con una hoz y luego se procedió a realizar el respectivo chicoteo para separar el grano de la gavilla. **Anexo7**

6.9.9. Recolección de la muestra de tejidos foliares

Las muestras de raíz y tallo fueron recolectadas cada 25 días después del trasplante (25-50-75-100 ddt), se escogieron todas las plantas por cada unidad experimental, luego se lavaron, se pesaron y fueron llevadas a estufas (70°) por un periodo de 48-96 horas. Una vez que se determinó la materia seca estas muestras fueron llevadas al laboratorio para su respectivo análisis de nutrientes (NPK). Para el análisis del grano se esperó hasta la cosecha para ello se pesó en verde, luego fue llevado a estufa para obtener la muestra seca y ser pesada nuevamente para ser llevada a laboratorio para el respectivo análisis. **Anexo 4 y Anexo 6**

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Variables agronómicas evaluadas (peso seco de raíz y tallo; longitud de raíz y tallo)

Tabla 7. Evaluación de longitud de raíz y tallo, y peso seco de raíz y tallo en diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz.

DDT	N-P-K (kg.h ⁻¹)	LR (kg.h ⁻¹)	LT(kg.h ⁻¹)	PSR (kg.h ⁻¹)	PST (kg.h ⁻¹)
25	TR=0-0-0	0.19 ± 0.012 a	0.46 ± 0.009 ab	118.89 ± 15.64 a	255.56 ± 17.24 a
	T1= 50-20-75	0.17 ± 0.009 a	0.42 ± 0.007 c	98.89 ± 12.52 a	204.44 ± 8.67 b
	T2= 100-40-150	0.17 ± 0.012 a	0.43 ± 0.009 bc	114.44 ± 13.51 a	228.89 ± 22.22 ab
	T3= 150-60-225	0.16 ± 0.009 a	0.46 ± 0.009 a	100.00 ± 9.62 a	227.78 ± 28.95 ab
	C.V. (%)	11.78	3.35	18.29	8.11
50	TR=0-0-0	0.24 ± 0.009 a	0.72 ± 0.02 b	1360.01 ± 41.36 a	3781.64 ± 318.12 ab
	T1=50-20-75	0.27 ± 0.012 a	0.77 ± 0.01 a	1553.63 ± 149.94 a	3239.09 ± 259.65 b
	T2=100-40-150	0.28 ± 0.009 a	0.74 ± 0.003 ab	1432.92 ± 66.36 a	3800.64 ± 326.45 ab
	T3=150-60-225	0.27 ± 0.010 a	0.70 ± 0.003 b	1652.73 ± 172.79 a	4217.51 ± 232.66 a
	C.V. (%)	6.69	3.75	14.37	11.67
75	TR=0-0-0	0.27 ± 0.03 a	0.83 ± 0.01 a	1482.39 ± 85.71 b	4122.82 ± 211.28 b
	T1=50-20-75	0.29 ± 0.01 a	0.86 ± 0.01 a	1803.38 ± 236.78 ab	4589.67 ± 647.72 ab
	T2=100-40-150	0.29 ± 0.007 a	0.81 ± 0.02 a	1668.69 ± 91.82 ab	4518.30 ± 153.75 ab
	T3=150-60-225	0.28 ± 0.02 a	0.85 ± 0.02 a	2082.33 ± 235.84 a	5597.31 ± 182.86 a
	C.V. (%)	12.55	4.49	16.01	11.55
100	TR=0-0-0	0.28 ± 0.02 a	0.84 ± 0.02 b	1872.10 ± 118.59 ab	5138.81 ± 152.39 b
	T1=50-20-75	0.30 ± 0.007 a	0.86 ± 0.01 b	1924.03 ± 157.94 ab	5364.81 ± 131.74 b
	T2=100-40-150	0.30 ± 0.006 a	0.84 ± 0.01 b	2097.37 ± 153.45 a	6197.07 ± 186.46 ab
	T3=150-60-225	0.30 ± 0.01 a	0.91 ± 0.007 a	1823.30 ± 231.65 b	6488.44 ± 631.29 a
	C.V. (%)	8.73	2.44	5.97	9.58

DDT: Días después del trasplante. LR: Longitud de Raíz. LT: Longitud de tallo. PSR: Peso seco de raíz. PST: Peso seco de tallo.

Las variables evaluadas en la Tabla 7, en la mayoría de los casos presentaron diferencias altamente significativas. La longitud de raíz y tallo, y peso seco de raíz y tallo en la primera

etapa del cultivo (25DDT), tuvo un mejor comportamiento el TR, mientras que los tratamientos que obtuvieron aplicación de fertilizantes los valores fueron iguales o menores.

En la segunda etapa (50DDT) la longitud y peso seco de raíz no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, por su parte la longitud de tallo presentó un mejor comportamiento en el T1, mientras que el peso seco de tallo lo obtuvo el T3.

La longitud de tallo y raíz no mostraron diferencias significativas en la tercera etapa (75DDT), caso contrario sucedió en el peso seco de raíz y tallo donde los valores mayores fueron encontrados en el T3. Para la última etapa (100DDT), la longitud de raíz no evidencio diferencias significativas, mientras que la longitud y peso seco de tallo fue mejor en el T3, por otra parte, el T2 se comportó mejor en el peso seco de raíz (Tabla 7).

Gonzales *et al*, (1985); citado por Mejía y Menjivar (S.f), sugieren que la longitud de las raíces tiende a disminuir a medida que se incrementa el nivel de nitrógeno aplicado, coincidiendo con la presente investigación ya que al aumentar las dosis del elemento en mención no influyo en el mayor tamaño de las raíces más bien en la mayoría de los tratamientos la longitud de la raíz fue menor.

Los resultados de esta investigación en longitud de tallo son similares a los encontrados por Morocho (2014) y Escobar (2013), esto sugiere que mediante la aplicación de nutrientes las plantas obtienen un mejor desarrollo y crecimiento, lo cual se ve beneficiado en un incremento en el rendimiento.

Fernández *et al*, (1985); citado por Ruiz y Centeno (2007), afirma que variedades de alto rendimiento, como es el caso de la variedad utilizada en esta investigación, presentan una alta relación grano/paja, lo que permite incrementar el rendimiento con una adición optima de nutrientes.

Por otra parte, Cabezas y Sánchez (2008), consideran que la falta de nutrimentos en el crecimiento de las plantas causa serias limitaciones en la acumulación de biomasa en tejidos vegetales, reduciéndose así el rendimiento de las mismas.

7.2. Extracción de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de arroz

Tabla 8. Evaluación de extracción de nitrógeno radicular, fósforo radicular, potasio radicular, en diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz.

DDT	N-P-K (kg.h ⁻¹)	ENR (kg.h ⁻¹)	EPR (kg.h ⁻¹)	EKR (kg.h ⁻¹)
25	TR=0-0-0	1.47 ± 0.17 a	0.32 ± 0.04 a	1.70 ± 0.30 a
	T1=50-20-75	1.24 ± 0.18 a	0.31 ± 0.04 a	1.25 ± 0.14 a
	T2=100-40-150	1.34 ± 0.21 a	0.32 ± 0.03 a	1.66 ± 0.22 a
	T3=150-60-225	1.33 ± 0.08 a	0.38 ± 0.03 a	1.79 ± 0.26 a
	C.V. (%)	17.98	17.30	24.56
50	TR=0-0-0	11.85 ± 0.55 b	3.36 ± 0.25 c	7.77 ± 0.73 b
	T1=50-20-75	16.99 ± 1.91 ab	4.67 ± 0.49 bc	12.71 ± 1.41 ab
	T2=100-40-150	13.95 ± 0.13 b	5.60 ± 0.42 ab	10.99 ± 1.16 ab
	T3=150-60-225	19.60 ± 2.59 a	6.31 ± 0.55 a	13.61 ± 2.32 a
	C.V. (%)	17.96	15.91	25.31
75	TR=0-0-0	12.46 ± 1.11 b	1.48 ± 0.08 b	2.38 ± 0.22 c
	T1=50-20-75	16.39 ± 1.34 ab	2.76 ± 0.32 a	3.55 ± 0.33 bc
	T2=100-40-150	12.38 ± 0.45 b	1.94 ± 0.08 b	4.06 ± 0.24 ab
	T3=150-60-225	17.17 ± 1.86 a	3.28 ± 0.13 a	5.04 ± 0.73 a
	C.V. (%)	15.10	13.30	19.39
100	TR=0-0-0	15.14 ± 0.75 b	1.43 ± 0.10 b	4.56 ± 0.34 b
	T1=50-20-75	16.17 ± 1.72 ab	1.85 ± 0.12 b	5.09 ± 0.53 ab
	T2=100-40-150	17.56 ± 1.34 a	2.11 ± 0.22 ab	5.43 ± 0.75 ab
	T3=150-60-225	15.72 ± 1.75 ab	2.60 ± 0.49 a	5.61 ± 0.76 a
	C.V. (%)	7.13	17.48	8.98

DDT: Días después del trasplante. ENR: Extracción de nitrógeno radicular. EPR: Extracción de fósforo radicular. EKR: Extracción de potasio radicular.

La Tabla 8 muestra que la extracción radical de nitrógeno, fósforo y potasio en la primera etapa del cultivo (25 DDT) no tuvo diferencias significativas, lo contrario se evidenció en las siguientes etapas, donde las diferencias significativas fueron altas. Tal es el caso que en la segunda etapa (50DDT), el T3 tuvo un mejor comportamiento en dichas variables, así mismo el T3 presentó superioridad en la tercera etapa del cultivo (75 DDT), sin embargo,

en esta misma etapa el T1 la extracción de fósforo presento valores similares al T3. Para la última etapa (100 DDT), la mayor extracción de nitrógeno ocurrió en el T2, mientras que en potasio y fosforo la mayor extracción se dio en el T3.

Datta (1986), citado por Medina (2011), establece que la aplicación temprana de fosforo al cultivo es esencial para la formación y desarrollo de raíces, pero el que se aplica durante la etapa de formación de macollas no es utilizado eficazmente para la formación del grano.

La aplicación de nutrientes afecta marcadamente el crecimiento, morfología y distribución del sistema radicular, ya sea en sustratos artificiales como en el perfil del suelo; en el caso del nitrógeno altos niveles de este elemento producen precozmente mayor área foliar y por consiguiente mayor fotosíntesis para posterior crecimiento radicular. El fosforo tiene un efecto indirecto en el crecimiento radicular, pues su disponibilidad incrementa el proceso fotosintético lo que a su vez aumenta el sistema radicular. El potasio tampoco actúa directamente en el desarrollo radicular, pero es importante en funciones fisiológicas como transporte de nutrientes y metabolitos organización celular y control de la permeabilidad de las células (Gardener, *et al* 1985; citado por Yamada, 2003)

La Tabla 9 muestra la extracción foliar de N, P, K en las diferentes etapas del cultivo, se aprecia diferencias altamente significativas. La extracción de nitrógeno en la primera etapa (25DDT), fue superior en el TR y T3; mientras que en fósforo y potasio el TR presento la mayor extracción. Por otra parte, la extracción de fosforo en la segunda etapa (50DDT), no mostro significancias estadísticas entre los tratamientos, caso contrario en nitrógeno y potasio donde el T3 fue mejor que los demás tratamientos. En la etapa tres (75DDT) y cuatro (100DDT) del cultivo el T3 tuvo un mejor comportamiento en relación a los demás tratamientos.

En esta investigación los resultados obtenidos son similares a los reportados por Amador y Bernal (2012), quienes manifiestan que la mayor extracción de nitrógeno y fosforo se da en la etapa de macollamiento, sin embargo, existe cierta diferencia por que los autores en mención expresan que también en la etapa de grano maduro la extracción de fósforo es alta, en efecto, en esta investigación la extracción de este nutriente disminuyo notablemente en dicha etapa.

Tabla 9. Evaluación de extracción de nitrógeno foliar, fósforo foliar, potasio foliar, en diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz.

DDT	N-P-K (kg.h ⁻¹)	ENF (kg.h ⁻¹)	EPF (kg.h ⁻¹)	EKF (kg.h ⁻¹)
25	TR=0-0-0	9.13 ± 0.64 a	0.73 ± 0.06 a	6.13 ± 0.69 a
	T1=50-20-75	7.20 ± 0.32 b	0.61 ± 0.02 b	4.57 ± 0.10 b
	T2=100-40-150	8.02 ± 0.80 ab	0.66 ± 0.06 ab	4.92 ± 0.54 ab
	T3=150-60-225	8.86 ± 1.07 a	0.69 ± 0.07 ab	4.82 ± 0.92 ab
	C.V. (%)	7.90	8.18	15.11
50	TR=0-0-0	71.69 ± 6.95 b	8.76 ± 1.76 a	65.07 ± 7.35 b
	T1=50-20-75	74.11 ± 5.02 b	8.97 ± 0.13 a	61.63 ± 5.77 b
	T2=100-40-150	86.23 ± 7.39 b	9.31 ± 1.19 a	75.99 ± 5.60 ab
	T3=150-60-225	119.29 ± 4.66 a	9.80 ± 0.44 a	94.87 ± 6.37 a
	C.V. (%)	12.45	17.64	12.78
75	TR=0-0-0	44.65 ± 2.22 c	4.95 ± 0.25 b	55.39 ± 4.45 b
	T1=50-20-75	45.31 ± 5.92 bc	5.68 ± 0.94 b	82.21 ± 13.35 ab
	T2=100-40-150	63.85 ± 0.90 b	6.17 ± 0.55 b	86.01 ± 5.09 ab
	T3=150-60-225	97.72 ± 9.22 a	9.53 ± 0.61 a	115.03 ± 9.65 a
	C.V. (%)	15.10	12.57	20.05
100	TR=0-0-0	49.85 ± 1.47 b	5.48 ± 0.16 bc	76.53 ± 7.35 b
	T1=50-20-75	53.96 ± 0.86 b	5.19 ± 0.28 c	85.28 ± 4.09 b
	T2=100-40-150	60.76 ± 2.63 b	6.62 ± 0.37 ab	99.46 ± 9.30 ab
	T3=150-60-225	75.42 ± 7.16 a	7.53 ± 0.50 a	119.68 ± 10.71 a
	C.V. (%)	10.43	10.49	17.32

DDT: Días después del trasplante. ENF: Extracción de nitrógeno foliar. EPF: Extracción de fósforo foliar. EKF: Extracción de potasio foliar.

Así mismo, se coincide con Molina y Rodríguez (2012) y Medina (2011), quienes manifestaron que la máxima extracción de nitrógeno se produce entre las primeras etapas del cultivo, y decae en la maduración y finalización de llenado de grano, por otra parte, los niveles de extracción de fosforo por etapa muestran similitud a los expresados por los autores mencionados, pero no así en la etapa de maduración de grano, donde los niveles de extracción de este macronutriente decrecen. En el caso de potasio se difiere con Medina (2011), quien obtuvo la mayor extracción de este elemento al inicio del primordio floral, en

cambio en esta investigación donde la máxima extracción que se produjo entre la etapa de llenado y madurez de grano.

Por otro lado, en una investigación que realizó De Datta (1989); citado por Contreras (2016), determino que en una tonelada de arroz la parte aérea extrae 7,6, 1,1 y 28,4 kg de N, P, K respectivamente; mientras en este trabajo la extracción fue superior a la expresada por dicho autor, diferencia que puede ser atribuida al material genético usado.

Aguilar (2010), determino que en época seca para un rendimiento de 8000 kg ha⁻¹ la extracción de N es de 133 kg ha⁻¹ de N, y en época lluviosa se alcanza un rendimiento de 13000 kg ha⁻¹ con una extracción de 212 kg ha⁻¹ del mismo elemento, estos valores son superiores a los encontrados en la presente investigación; lo que determina que a mayor rendimiento es mayor la extracción del elemento. Quintero, *et al* (2014), manifiesta que el arroz debe mantenerse inundado para reducir las pérdidas de nitrógeno, que cuando el agua no satura la superficie de manera continua las pérdidas de N suelen ser altas y por ende la efectividad del elemento es menor, lo que pudo ser observado en este trabajo investigativo, el nitrógeno es el elemento que la planta extrajo en mayor proporción.

En el caso del fósforo obteniendo los rendimientos anteriormente nombrados para el primer caso la extracción sería de 23 kg ha⁻¹, mientras que para el segundo caso la extracción sería de 68 kg ha⁻¹ resultados que en comparación con los obtenidos en este trabajo son elevados. El autor en mención señala que es muy importante mantener una adecuada humedad en el suelo para que la planta mejore su capacidad de exploración a través de las raíces, además que la disponibilidad del P en suelo incremente, cuando los niveles de absorción del P son bajos afecta la capacidad de llenado del grano y el tamaño de la espiga se reduce lo que influye negativamente en la producción. Sin embargo, en la extracción de potasio Aguilar (2010) no reporto diferencia en los niveles de extracción entre ambas épocas, y los valores expresados son similares a los obtenidos en esta investigación.

Bravo (2011), menciona que las plantas ejercen fuertes demandas de nutrientes en los periodos críticos de desarrollo como es la floración e inicio de la fructificación, es decir las plantas crecen más rápido de lo que pueden absorber los nutrientes del suelo.

Tabla 10. Evaluación de extracción de nitrógeno, fósforo y potasio en grano, en diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz.

DDT	N-P-K (kg.h ⁻¹)	ENG (kg.h ⁻¹)	EPG (kg.h ⁻¹)	EKG (kg.h ⁻¹)
75	TR=0-0-0	50.16 ± 2.50 b	12.44 ± 2.33 a	11.70 ± 0.58 b
	T1=50-20-75	53.26 ± 5.22 ab	12.90 ± 2.09 ^a	12.47 ± 0.61 ab
	T2=100-40-150	59.18 ± 3.60 ab	13.97 ± 2.05 a	13.99 ± 1.83 ab
	T3=150-60-225	66.97 ± 3.59 a	15.36 ± 2.48 a	16.99 ± 1.60 a
	C.V. (%)	12.85	32.75	18.30
100	TR=0-0-0	76.30 ± 4.06 b	16.35 ± 0.77 b	14.12 ± 1.89 c
	T1=50-20-75	88.83 ± 3.79 b	20.08 ± 0.81 b	18.45 ± 1.09 b
	T2=100-40-150	107.94 ± 6.20 a	37.35 ± 2.37 a	21.37 ± 1.30 ab
	T3=150-60-225	114.96 ± 4.50 a	32.38 ± 1.12 a	24.16 ± 1.22 a
	C.V. (%)	8.16	9.64	8.88

DDT: Días después del trasplante. **ENG:** Extracción de nitrógeno en grano. **EPG:** Extracción de fósforo en grano. **EKG:** Extracción de potasio en grano.

Las variables evaluadas en la Tabla 10 en su mayoría muestran diferencias significativas. La mayor extracción de nitrógeno y potasio en grano a los 75 DDT se efectuó en el T3, mientras que la extracción de fósforo no fue significativa entre los tratamientos. Por otra parte, a los 100 DDT el T2 y T3 presentaron la mayor extracción de nitrógeno y fosforo; en caso del potasio el T3 fue superior a los demás tratamientos.

Los niveles de extracción de nitrógeno y fosforo en grano son superiores a los reportados por Aguilar (2010), por el contrario, en la extracción de potasio los valores en ambas investigaciones reflejan similitud.

Del mismo modo las cantidades de nutrientes extraídas son superiores a los encontrados por Pincirolí *et al* (2015), lo cual puede estar influenciado por el rendimiento pues en la presente investigación el rendimiento fue más alto a los presentados por el autor en mención.

Por consiguiente, De Datta (1989); citado por Contreras (2016), manifiesta que en una tonelada de arroz el grano extrae 14,6; 6 y 3,2 kg de N, P, K; mientras que los valores

mostrados en el presente trabajo muestran que la extracción fue inferior a la expresada por dicho autor.

Por otro lado, Quintero *et al*, (2014), tuvieron una extracción de 137 kg ha⁻¹ de N, valores que superaron a los reportados en esta investigación.

Hirzel (S.f), sugiere que la obtención de mayores rendimientos genera una mayor extracción de nutrientes por parte del cultivo. Así mismo, Mejía y Menjivar (S, f), dicen que el contenido de N en el grano también depende de la cantidad del elemento disponible en el suelo, proveniente ya sea de la fertilidad natural o de la aplicación de fertilizantes. También expresan que el contenido de N en el grano aumenta cuando se incrementa la dosis de este elemento, por tal motivo la variedad ejerce poca influencia en este factor.

Tabla 11. Evaluación de extracción total de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de arroz.

DDT	N-P-K (kg.h ⁻¹)	ETN (kg.h ⁻¹)	ETP (kg.h ⁻¹)	ETK (kg.h ⁻¹)
	TR=0-0-0	141.28 ± 3,376 c	23.26 ± 0,819 b	95.22 ± 5,629 b
	T1=50-20-75	158.95 ± 4,259 bc	27.12 ± 0,589 b	108.82 ± 2,639 ab
100	T2=100-40-150	186.26 ± 7,702 ab	46.08 ± 2,671 a	126.26 ± 10,145 ab
	T3=150-60-225	206.11 ± 12,139 a	42.51 ± 1,682 a	149.44 ± 10,590 a
	C.V. (%)	6.53	8.22	13

DDT: Días después del trasplante. **ETN:** Extracción total de nitrógeno **ETP:** Extracción total de fósforo **ETK:** Extracción total de potasio.

En la evaluación de la extracción total de N, P, K (Tabla 11), puede apreciarse que en el tratamiento 3 se produjo la mayor extracción de nitrógeno y potasio, sin embargo, en el caso del fosforo los tratamientos 2 y 3 fueron los resaltados con mayor extracción de este elemento.

Quintero, *et al* (2011), manifiestan una extracción total de nitrógeno de 137 kg ha⁻¹ valores inferiores a los registrados en la presente investigación, asumiéndose dicha diferencia es reflejada por el material genético utilizado.

Por su parte Fernández (2015), expresa que en una producción de 8 400 kg ha⁻¹ de grano se extrae 190 kg ha⁻¹ de potasio, valores similares a los presentados en la presente investigación.

La FAO (1992), indica que en un rendimiento de 6000 kg ha⁻¹ de arroz en cascara se extrae un total de 100-50-160 kg ha⁻¹ de NPK respectivamente, resultados que en el caso del nitrógeno están por debajo a los efectuados en el presente trabajo; caso contrario en fósforo y potasio donde los valores superan a los expresados en este trabajo.

Así mismo La Revista Chacra (S.f), establece que por cada tonelada de arroz producido se extrae 22-4-26 kg de NPK respectivamente, resultados bajos en comparación con los obtenidos en esta investigación, pero debe considerarse que el rendimiento en este trabajo fue en kg ha⁻¹.

García y Correndo (2016), establecen que el cultivo de maíz extrae 226-41-195 kg ha⁻¹ de NPK respectivamente, valores que comparándolos con los del cultivo de arroz encontrados en esta investigación son similares a los reportados por dichos autores.

Hirzel (S.f), sugiere que la obtención de mayores rendimientos genera una mayor extracción de nutrientes por parte del cultivo.

7.3. Rendimiento, número de gavillas por planta y número de grano por gavillas en el cultivo de arroz.

Tabla 12. Evaluación del rendimiento, número de gavillas por planta y número de grano por gavillas en el cultivo de arroz.

DDT	N-P-K (kg.h ⁻¹)	REND. (kg.h ⁻¹)	#gav./planta	#grano/gav.
100	TR=0-0-0	6666.67 ± 96.22 b	22.00 ± 4.04 a	72.00 ± 4.04 c
	T1=50-20-75	7510.00 ± 161.65 b	22.33 ± 2.60 a	93.33 ± 3.33 bc
	T2=100-40-150	9393.39 ± 494. 59 a	20.67 ± 1.76 a	103.00 ± 10.81 b
	T3=150-60-225	8906.67 ± 354.08 a	28.33 ± 1.20 a	144.00 ± 9.16 a
C.V. (%)		6.37	18.17	14.03

DDT: Días después del trasplante. **REND:** Rendimiento. **GAV.:** Gavilla

En evaluación del rendimiento, número de gavillas por planta y número de grano por gavillas en el cultivo los tratamientos mostraron diferencias altamente significativas en la

mayoría de las variables. En rendimiento el T2 y T3 fueron superiores a los demás tratamientos, mientras que en el número de gavillas por planta no hubo significancia estadística entre los tratamientos, en la variable número de granos por gavillas el T3 presento un mejor comportamiento, puesto que fue el tratamiento que mayor dosis de nutrientes se adiciono, atribuyéndose a lo expuesto por CIAT, (2010); citado por Bravo (2011), donde señala que la mayor o menor cantidad de granos, es el resultado de la fotosíntesis y la respiración procesos que se encuentran influenciados directa o indirectamente por el contenido de nutrientes aplicados a las plantas.

Molina y Rodríguez (2012) y Morocho (2014), obtuvieron un rendimiento de 3 923 y 7 610 kg ha⁻¹ respectivamente lo que refleja valores por debajo a los obtenidos en esta investigación. Por otra parte, Parra (2013), alcanzo un rendimiento de 8 000 kg ha⁻¹ de arroz valor que se asemeja a los obtenidos en el presente trabajo. Es por ello que Angladette, (1969); citado por Ruiz y Centeno (2007), dice que el rendimiento en el cultivo de arroz se encuentra determinado por el genotipo, la ecología y manejo agronómico.

Jennings, (1985); citado por Ruiz y Centeno (2007), describe al macollamiento como uno de los componentes del rendimiento y su máxima expresión depende de la fertilización aplicada, lo cual se vio manifestado en esta investigación puesto que los tratamientos (T2, T3) que llevaron la mayor aplicación de nutrientes fueron los que mayor rendimiento alcanzaron.

Por su parte Morocho (2014), obtuvo un promedio de 292 panículas/m² y 168 granos por panícula, valores que superan a los obtenidos en el presente trabajo. Quintero, *et al* (2014), manifiesta que cuando los niveles de aplicación de N van subiendo en comparación con el testigo y el elemento se aplica en diferentes momentos y dosis, se incrementa el número de panículas y el número de espiguillas por panojas y por ende el rendimiento incrementa, lo que se vio demostrado en esta investigación

Medina (2011), dice que cuando la planta llega a la etapa de desarrollo de inicio de primordio floral se encuentra definiendo la cantidad de espiguillas que va a tener cada panícula, esta a su vez efectúa altas demandas de fertilizantes especialmente de nitrógeno, motivo por el cual es importante el suministro de una cantidad suficiente de nutrientes que

satisfaga los requerimientos de cada variedad. Además, el nitrógeno absorbido durante el macollamiento activo contribuye a maximizar el número de panículas efectivas por unidad de área. Todo esto permite mayor interceptación de la radiación solar y generar una ganancia adicional en fotosíntesis mayor producción de materia seca. El fósforo además de promover el macollamiento, está involucrado en todos los procesos bioquímicos que tiene que ver con suministro y transferencia de energía dentro de la célula y el potasio absorbido durante el macollamiento activo ayuda a incrementar el número de panículas por unidad de área, el que se absorbe posteriormente contribuye con el incremento en la formación de granos por panícula y el peso de los granos.

Ortega y Rojas (1988), dicen que hay un claro beneficio en las aplicaciones de fósforo al cultivo de arroz pues aquellas plantas fertilizadas con este nutriente presentan un mayor desarrollo, mayor número de macollas y una mayor precocidad a pesar de que las respuestas en rendimiento no siempre son espectaculares.

Soto, (1991); citado por Ruiz y Centeno (2007), establece que el número de granos por panícula es un factor de gran influencia para obtener buenos rendimientos, y depende de la fertilización, longitud de la panícula y las condiciones ambientales, además expresa que en la mayoría de las variedades comerciales los granos por panícula oscilan entre los 100 y 150, lo cual muestra que en el presente trabajo el número de granos por panícula se encuentra dentro del rango que estipula el autor en mención.

7.4. Distribución de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de arroz

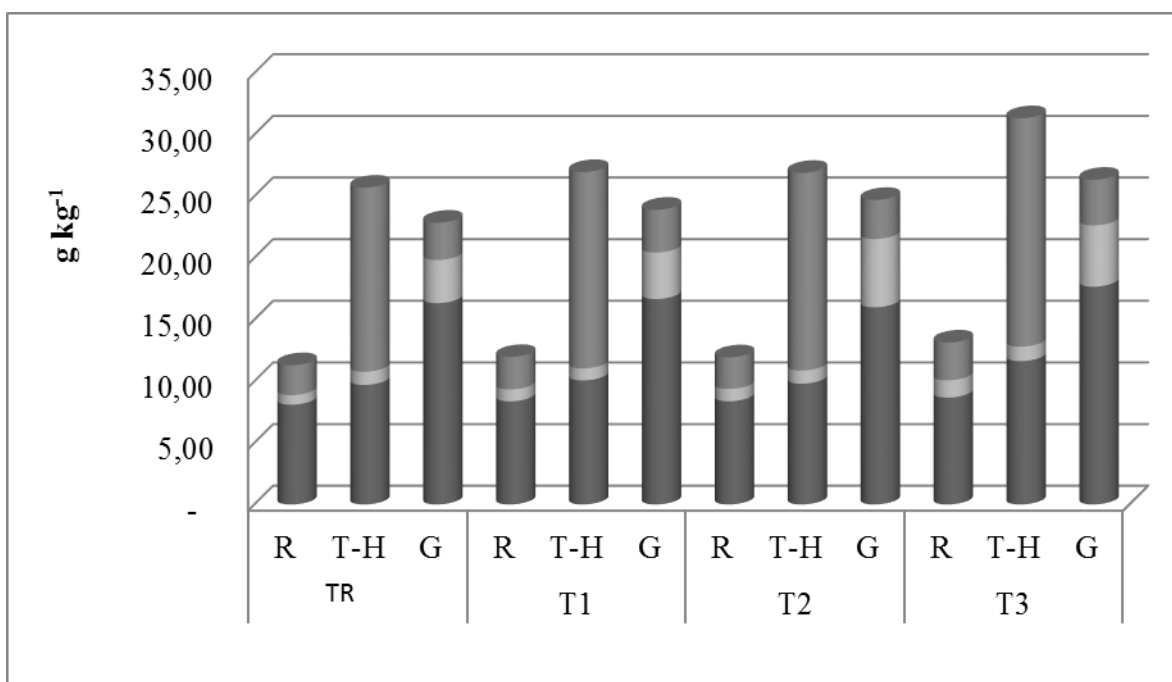


Grafico 1. Evaluación de la distribución de NPK en diferentes órganos de arroz.

Los resultados expresados en el grafico 1 muestran la distribución porcentual en la planta de arroz para diferentes nutrientes extraídos en gran cantidad por el cultivo, y puede apreciarse que de los tres elementos utilizados normalmente en la fertilización del cultivo de arroz (NPK), gran parte del nitrógeno y fósforo extraídos por la planta son exportados fuera del campo con la cosecha del grano, y gran proporción del potasio extraído forma parte de tallo y hojas.

Estos resultados corroboran a los registrados por Hirzel (S,f), quien manifiesta que la mayor cantidad de nitrógeno y fósforo son extraídos por el grano, mientras que la mayor proporción de potasio extraído forma parte de tallo y hojas.

Mejía y Menjivar (S.f) manifiestan que antes de la floración, la mayor cantidad de nitrógeno absorbido se acumula en la lámina y en la vaina de las hojas; posteriormente es transportado al grano, donde se acumula el 75% de N absorbido. En el caso del fosforo su velocidad de absorción es muy baja en las primeras etapas de desarrollo de la planta, aumentando en la floración, luego es transportado rápidamente a los granos donde se

acumula cerca del 75% del total absorbido. La absorción de potasio es una función del crecimiento de la planta y aumenta hasta el final de la etapa de grano lechoso y luego decae; el contenido máximo de este elemento en la planta se produce al final de dicha etapa. Al hacer una comparación con la acumulación de N y P, solo el 12% del total de K absorbido por la planta se acumula en el grano; es así que el resto (88%), se acumula en las partes vegetativas de la planta.

Por su parte Vargas (2002), Porras (2013) y Brito (2012), expresan que cierta cantidad de fósforo se acumula en las raíces y láminas de las hojas, hasta la iniciación de la panícula y a medida que el tallo se elonga una cantidad considerable de este elemento circula por el hasta la etapa de floración; de ahí en adelante el P rápidamente se trasloca a los granos donde hay una mayor acumulación coincidiendo con la presente investigación donde la mayor acumulación de P se presenta en granos. En el caso del potasio los resultados también coinciden a los reportados por los autores mencionados quienes obtuvieron la mayor acumulación de este elemento en tallos y hojas (paja).

Vinicio (2002), citado por Balta *et al* 2015, expresa que la distribución de los nutrientes orgánicos y minerales en las plantas parece estar determinada por la siguiente jerarquía fisiológica: semillas, frutos carnosos, los meristemos y las hojas, el cambium, raíces y el almacenamiento.

7.5. Efecto de la extracción de nitrógeno, fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivo de arroz

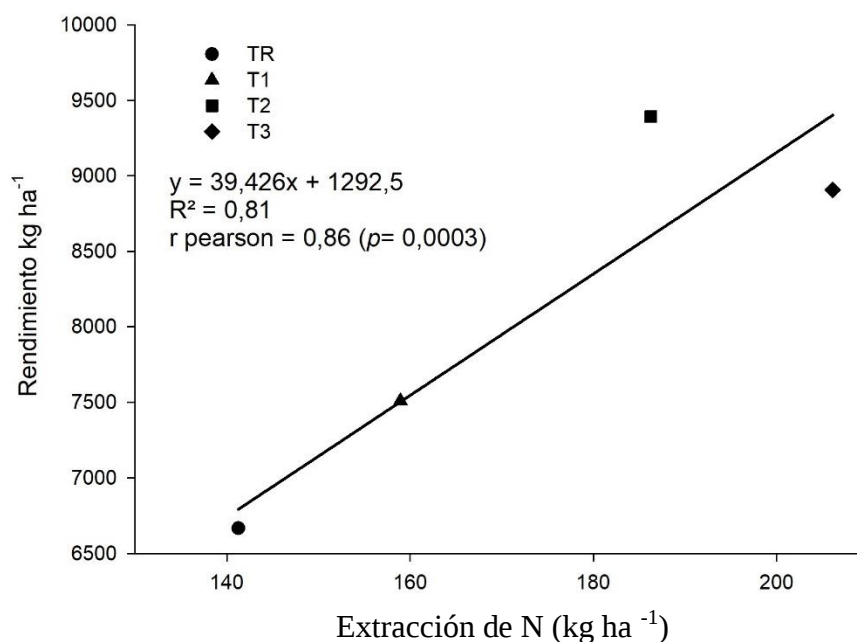


Gráfico 2. Relación de la extracción total de N sobre el rendimiento en el cultivo de arroz variedad INIAP 14.

Los gráficos 2, y 4 muestran la evidencian de la existencia de un límite en la capacidad de extracción para N y K, dicho límite es manifestado en el T2, puesto que con la cantidad extraída de N y K se llega a los máximos rendimientos, mientras cuando se dio la mayor extracción de los dos nutrientes mencionados el rendimiento disminuyo. La figura 3 expresa que a mayor extracción de P se incrementa el rendimiento en el cultivo de arroz. El tratamiento 3 fue el tratamiento que llevo la mayor dosis de nutriente aplicado, sin embargo, este no obtuvo el mayor rendimiento, efecto que puede ser asumido a una aplicación excesiva de nutrientes, causando un antagonismo y por ende menor extracción de N y K.

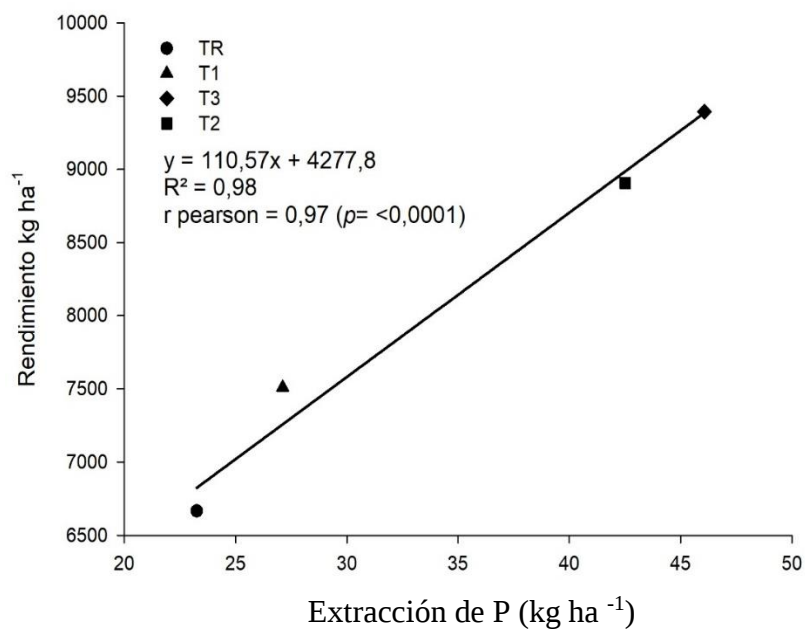


Grafico 3. Relación de la extracción total de P sobre el rendimiento en el cultivo de arroz variedad INIAP 14.

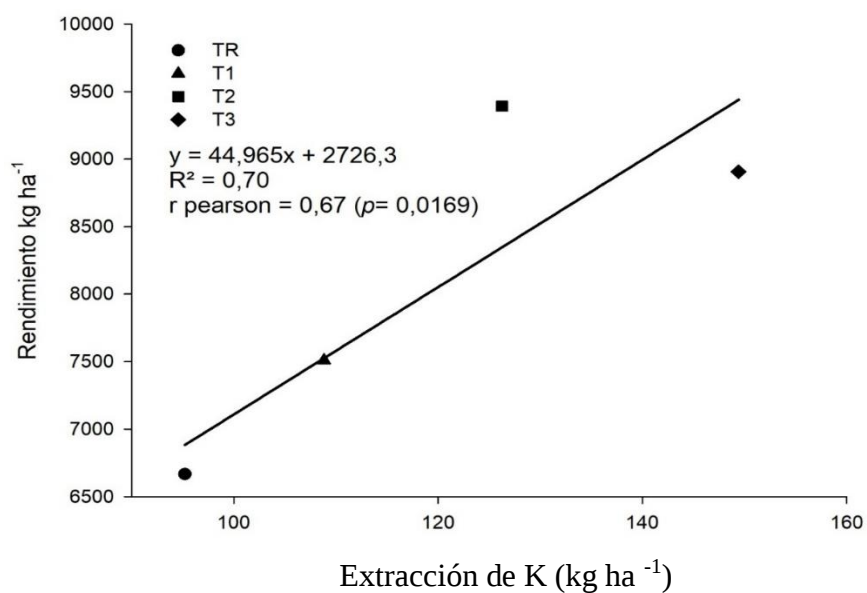


Grafico 4. Relación de la extracción total de K sobre el rendimiento en el cultivo de arroz variedad INIAP 14

Vargas (2012), expresa que el crecimiento y desarrollo de los cultivos generan una demanda de nutrientes necesaria para satisfacer los requerimientos de sus procesos metabólicos, es así que a mayor producción existe una mayor extracción de nutrientes, coincidiendo a lo reportado en el presente trabajo.

Bugarín, *et al.* (2011); Pineda-Pineda, *et al.* (2008); Terbe, *et al.* (2006); Azofeifa y Moreira, (2005); citado por Salazar y Juárez (2013), establecen que la extracción de nutrientes por la planta varía dentro de una misma especie, lo cual está relacionado con el tipo de cultivar, órgano muestreado, tecnología de producción y el nutriente.

Por otra parte, Matsuo *et al.*, (1995), citado por Jaramillo *et al.*, (S.f), demostraron que es posible aumentar el número de granos por unidad de área, aumentando en gran medida la absorción de nitrógeno en etapas desde estado de germinación de semilla hasta estado de diferenciación tardía de espiguillas.

Pero por otro lado Matsushima y Manaka (1961), citado por Jaramillo *et al.*, (S.f), en un estudio trataron de identificar el estado de crecimiento en donde la absorción excesiva de nitrógeno tenía efectos adversos sobre el porcentaje de granos llenos, llegando a la conclusión que la aplicación de excesivas cantidades de nitrógeno en estado de diferenciación temprana del cuello de la panícula reduce significativamente el porcentaje de granos llenos y por ende disminuye el rendimiento. Así mismo, Kuruma (1960), citado por Jaramillo *et al.*, (S.f), determinó que la fertilización nitrogenada alrededor de la diferenciación temprana del cuello de la panícula, influye en un bajo almacenamiento de carbohidratos no estructurales en el grano en tiempo de floración, lo que provoca una menor absorción de nutrientes y menor producción.

Brito (2012), indica que no existe una estrecha relación entre la absorción de nitrógeno y el rendimiento, pues excesiva dosis de nitrógeno provoca el incremento 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, esto se asume que pasó con la dosis aplicada en el tratamiento 3 de esta investigación.

VIII. CONCLUSIONES

- La extracción de nutrientes (NPK) en los primeros 25 días después del trasplante no tuvo diferencias estadísticas entre los tratamientos, el efecto de la fertilización manifestada por la extracción tuvo lugar a partir de los 50 DDT; la mayor extracción de nitrógeno y potasio se dio en el tratamiento con la máxima dosis aplicada (T3), mientras que en fósforo se dio en el T2.
- La mayor concentración de nitrógeno y fósforo fue obtenida en el grano seco de arroz, mientras que el potasio se almacenó en mayor cantidad en tallos y hojas, por otro lado, la menor concentración para nitrógeno fósforo y potasio se dio a nivel radical.
- Los resultados evidencian de la existencia de un límite en la capacidad de extracción para N y K, puesto que no con la mayor dosis de nutriente aplicado (T3), se logra obtener el mayor rendimiento a pesar de tener la mayor extracción de N y K; sin embargo, para el caso del P, se ve reflejado que, a mayor extracción, mayor es el rendimiento.

IX. RECOMENDACIONES

- Para posteriores trabajos es recomendable realizar investigaciones tomando en cuenta la adición de diferentes niveles macronutrientes secundarios (Ca, Mg, S) y micronutrientes (Zn, B, Mn, Fe, Mo, Cu, Ni, Cl), para obtener una información total de del requerimiento de todos los nutrientes esenciales para las plantas.
- Probar los niveles de fertilización utilizados en esta investigación en otras variedades de arroz de alto rendimiento, así mismo probar en distintas zonas y localidades del país.
- Se recomienda que los resultados obtenidos en esta investigación sean socializados con los productores de arroz, y posteriormente puedan hacer uso de un buen plan de fertilización, utilizando una aplicación de 100 kg de N ha⁻¹, 40 de P₂O₅ ha⁻¹, y 150 K₂O ha⁻¹, puesto que esta dosis aumenta significativamente el rendimiento del cultivo.

X. BIBLIOGRAFIA

1. Aguilar, Marco. Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de arroz (*Oriza sativa*) en tres zonas de la cuenca baja del rio Guayas-Ecuador. XII Congreso Campus Santo Domingo. (2010). <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Marco-Aguilar-Arroz.-UTE-Ecuador.pdf>(Último acceso 01 de junio del 2017).
2. Álvarez, R; Rubio, G; Álvarez, C; Lavado, R. Fertilidad de suelos. Caracterización y Manejo en la región pampeana. Editorial. Universidad de Buenos Aires. ISBN 978-950-29-1234-9. 2010: 89.
3. Amador, Juan; Bernal, Iván. 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. Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano. Honduras. 2012. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1101/1/T3392.pdf> (Último acceso: 07 de junio del 2018).
4. Angladette, (1969).En: Ruiz y Centeno. Evaluación del comportamiento agronómico de 11 líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) en el valle de Sébaco, durante la época de postrera del 2006. Universidad Nacional Agraria. Managua. Nicaragua 2007. <http://repositorio.una.edu.ni/2044/1/tnf30r934.pdf> (Último acceso: 06 de junio del 2018).
5. Arnon, D; Stout, P. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. Plant Physiology. 1939: 14:371-375.
6. Azofeifa, Á; Moreira, M. Absorción y distribución de nutrientes en el arroz (*Oryza sativa* L.) en Alajuela, Costa Rica. Agronomía Costarricense 32(1): 19-29. ISSN: 0377-9424. 2008: 26. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/download/6768/6455>(Último acceso: 30 de Octubre del 2017).
7. Balta, Rafael; Rodríguez, Ángel; Guerrero, Roger; Cachique, Danter; Plasencia, Edin; Arévalo, Luis; Loli, Oscar. Absorción y concentración de nitrógeno, fósforo y

- potasio en Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en suelos ácidos, San Martín, Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Vol. 24. (2). 123-130. 2015. <file:///C:/Users/Home/Desktop/CONCENTRACION/PUBL1446.pdf>(Último acceso: 09 de julio del 2018).
8. Bravo, Marco. “Determinación del efecto de microelementos en combinación con un programa de fertilización química, sobre el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), variedad INIAP 15 bajo sistema de riego en la zona de Babahoyo”. Universidad Técnica de Babahoyo. Los Ríos. Ecuador. 2011. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/239/6/T-UTB-FACIAG-AGROP-000009pdf.pdf> (Último acceso: 05 de junio del 2018).
 9. Brito, Dory. “Estudio de los niveles de Fertilidad y su influencia en la Productividad del cultivo de arroz (*Oriza sativa*) en el Recinto Las Maravillas del Cantón Daule”. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. Ecuador. 2012. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21424/1/tesis%20Dorys%20Brito%20P.pdf> (Último acceso: 12 de agosto del 2018).
 10. Bugarín, *et al.* (2011); Pineda-Pineda, *et al.* (2008); Terbe, *et al.* (2006); Azofeifa y Moreira, (2005). En Salazar y Juárez. Requerimiento macronutricional en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.). Revista Bio-ciencias. Unidad académica de agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Xalisco, Nayarit, México. 2013. <http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/03-02/biociencias3-2-3.pdf> (Último acceso: 08 de agosto del 2018).
 11. Carreres, 1989. En Torres, Ramón. Evaluación agronómica de cinco variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) a dos distancias en siembra directa bajo el sistema de cultivo en seco en la comunidad de Nushino Ishpingo del Cantón Arajuno, Provincia de Pastaza. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 79 p. 2013. <http://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2800/1/13T0767%20.pdf> (Último acceso: 26 de marzo del 2018).
 12. Castro, Marcelo. Rendimiento de arroz en cáscara, primer cuatrimestre 2017. pág. 10. Quito-Ecuador. 2017. http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_arroz_p_rimer_quatrimestre2017.pdf (Último acceso: 20 de marzo del 2018).

13. Chávez, Matías; Vásquez, Juan. Ecofisiología del cultivo de arroz. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María- Perú. 2015. <https://es.slideshare.net/juperz/ecofisiologa-del-cultivo-de-arroz> (Último acceso: 26 de marzo del 2018).
14. Chen, Franklin. Trabajo de graduación realizado en la comunidad de Playitas, del Municipio de Chisec, del departamento de Alta Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 2007. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1472.pdf (Último acceso: 28 de marzo del 2018).
15. Chica, Jaqueline; Tirado, Yeimy; Barreto, Joan. Indicadores de competitividad del cultivo del arroz en Colombia y Estados Unidos. 33(2): 16-31. 2016. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v33n2/v33n2a02.pdf> (Último acceso: 21 de marzo del 2018).
16. CIAT, (2010). En: Bravo. “Determinación del efecto de microelementos en combinación con un programa de fertilización química, sobre el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), variedad INIAP 15 bajo sistema de riego en la zona de Babahoyo”. Universidad Técnica de Babahoyo. Los Ríos. Ecuador. 2011. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/239/6/T-UTB-FACIAG-AGROP-000009pdf.pdf> (Último acceso: 05 de junio del 2018).
17. Datta (1986). En: Medina. Absorción de nutrientes minerales por la variedad Fedearroz Lagunas. Gamarra- Cesar. 2011. <http://www.fedearroz.com.co/revistanew/arroz493.pdf> (Último acceso: 05 de junio del 2018).
18. De Datta, 1989. En: Contreras, Leydi. “Aplicación de fósforo y micronutrientes en un sistema intensivo del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) cv. Tinajones en Jequetepeque”. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. 2016. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2623/F04-C6554-T.pdf> (Último acceso: 07 de junio del 2018).
19. Dobermann, Achim. Fairhurst, Thomas. Manejo del potasio en arroz. Informaciones Agronómicas. N° 45. Quito- Ecuador. 6 pg. 2001. [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/31284BF1C88DB0D9852579A30078FA9F/\\$FILE/Manejo%20del%20K%20en%20arroz.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/31284BF1C88DB0D9852579A30078FA9F/$FILE/Manejo%20del%20K%20en%20arroz.pdf) (Último acceso: 09 de abril del 2018).

20. Dobermann, Achim; Fairhurst, Thomas. Manejo del nitrógeno en arroz. Informaciones agronómicas. N°58. 6 pg. 2005. [https://ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/87091C6524B2ECB205257092005DB7FE/\\$file/Manejo+del+Nitr%C3%B3geno+en+Arroz.pdf](https://ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/87091C6524B2ECB205257092005DB7FE/$file/Manejo+del+Nitr%C3%B3geno+en+Arroz.pdf) (Último acceso: 03 de abril del 2018).
21. Escobar, Israel. “Comportamiento agronómico y de calidad de grano de cuatro variedades tradicionales de arroz (*Oryza sativa* L.), a bajas dosis de nitrógeno en la zona de Boliche provincia del Guayas”. Universidad de Guayaquil. Milagro. Ecuador. 2013. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2721/1/Tesis%20en%20arroz-%20Israel%20Escobar%20Sandoval.pdf> (Último acceso: 05 de junio del 2018).
22. FAO. (Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación). Los fertilizantes y su uso. 83 pg. 1992. <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf> (Último acceso: 03 de abril del 2018).
23. FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y el manejo. 2000. http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_agronicas/c20021221046edafo_factoresambientalesysuelos.pdf (Último acceso: 02 de mayo del 2018).
24. FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Los fertilizantes y su uso. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. Cuarta Edición. Roma. ISBN 92-5-304414-4. 2002: 17. <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf> (Último acceso: 02 de mayo del 2018).
25. FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Seguimiento del Mercado del Arroz de la FAO (SMA). Volumen XX. Edición No.4 2017. <http://www.fao.org/3/I8317ES/i8317es.pdf> (Último acceso: 21 de marzo del 2018).
26. Fernández *et al*, (1985). En: Ruiz y Centeno. Evaluación del comportamiento agronómico de 11 líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) en el valle de Sébaco, durante la época de postrera del 2006. Universidad Nacional Agraria. Managua.

- Nicaragua 2007. <http://repositorio.una.edu.ni/2044/1/tnf30r934.pdf> (Último acceso: 06 de junio del 2018).
27. Fernández, M. Fertilización con potasio en arroz en suelos de alta intensidad agrícola. Estación Experimental del Este. Seminario de Actualización Técnica en Fertilización de Arroz. 2015. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4765/1/Articulo-M-Fernandez.pdf> (Último acceso: 09 de agosto del 2018).
 28. Fernández, María. Fosforo: amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. Cuba. Vol. 41. 8 pg. 2007. http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/F%C3%B3sforo_amigo_%20o_en_emigo.pdf (Último acceso: 05 de abril del 2018).
 29. García, Adriana. Quinke, Andrés. El potasio (K) en la producción de cultivos de invierno. INIA. Serie Actividades de Difusión N°667. La Estanzuela. 6pg. 2012. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/649/1/112761020512124905.pdf> (Último acceso: 09 de abril del 2018).
 30. García, Fernando; Correndo, Adrián. Calculo de Requerimientos Nutricionales. Cultivos de cereales, oleaginosas, leguminosas, industriales forrajeras y hortalizas. International Plant Nutrition Institute. 2016. <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1024> (Último acceso: 12 de agosto del 2018).
 31. Gardener, *et al* 1985; en Yamada, 2003. Como mejorar la eficacia de la fertilización aprovechando las interacciones entre nutrientes. Informaciones agronómicas. Instituto de la potasa y el fosforo. Quito. Ecuador. [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/3840D87404FC086E852579A300779006/\\$FILE/Como%20mejorar%20la%20eficacia%20de%20la%20fertilizaci%C3%B3n.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/3840D87404FC086E852579A300779006/$FILE/Como%20mejorar%20la%20eficacia%20de%20la%20fertilizaci%C3%B3n.pdf) (Último acceso 09 de julio del 2018).
 32. Gonzales *et al*, (1985); en Mejía y Menjivar. Nutrición mineral del arroz. Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Capítulo 17. S.f. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/82509/nutrici%C3%B3n-62c47c1f.pdf?sequence=1> (Último acceso: 13 de agosto del 2018).

33. Grist, 1982. En Torres, Ramón. Evaluación agronómica de cinco variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) a dos distancias en siembra directa bajo el sistema de cultivo en seco en la comunidad de Nushino Ishpingo del Cantón Arajuno, Provincia de Pastaza. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 79 p. 2013. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2800/1/13T0767%20.pdf> (Último acceso: 26 de marzo del 2018).
34. Herrera, A. Suelos: Con énfasis del Altiplano. Puno, Perú: Talleres de la Unidad de Publicaciones – UNA (Universidad Nacional del Altiplano). 2010.
35. Hirzel, Juan. Nutrición y fertilización del cultivo de arroz. Capítulo 7. S.f. <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR34409.pdf> (Último acceso: 05 de junio del 2018).
36. Imas, Patricia; Senior Agronomist, ICL Fertilizers. El Potasio: Nutriente esencial para aumentar el rendimiento y la calidad de las cosechas. 5 pg. S.f. http://www.iclfertilizers.com/Fertilizers/Knowledge%20Center/El_potasio,_un_nutriente_esencial.pdf (Último acceso: 09 de abril del 2018).
37. INIA. (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas). El Cultivo de Arroz en Venezuela. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Serie Manuales de Cultivo INIA. N°1. 1ª edición. 2004. Maracay-Venezuela. 202 p. http://sian.inia.gob.ve/pdfpnp/Cultivo_arroz.pdf (Último acceso 26 de marzo del 2018).
38. Jennings, (1985). En: Ruiz y Centeno. Evaluación del comportamiento agronómico de 11 líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) en el valle de Sébaco, durante la época de postrera del 2006. Universidad Nacional Agraria. Managua. Nicaragua 2007. <http://repositorio.una.edu.ni/2044/1/tnf30r934.pdf> (Último acceso: 06 de junio del 2018).
39. Kumar, Manoj; Kumar, Prakash. Guía para la identificación y el manejo de la deficiencia de nutrientes en cereales. 50 pg. 2011. http://conservacion.cimmyt.org/es/component/docman/doc_view/2185-guia-para-la-identificacion-y-manejo-de-la-deficiencia-de-nutrientes-y-cereales (Último acceso: 04 de abril del 2018).

40. Kuruma (1960), en: Jaramillo *et al*, (S.f). Efecto del Manejo de la Fertilización Nitrogenada en Arroz de Riego, sobre la Expresión del Potencial de Rendimiento de Líneas Elite y Cultivares Comerciales. Ingeniero Agrónomo. Apoyo al personal de investigación FLAR (CIAT). Consultora Estadística CIAT. Arroz y Biodiversidad. <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.../faca/docs/Noe/.../nitrogeno%20en%20arroz.doc> (Último acceso: 08 de agosto del 2018).
41. Landis, T. Nutrientes Minerales y Fertilización. 1989: 15. <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Nutrientes%20del%20suelo.pdf> (Último acceso: 02 de mayo del 2018).
42. Larriva, Narcisa. Síntesis de la importancia del Potasio en el suelo y plantas. Facultad de Ciencias Pecuarias y Agroindustriales. La granja N°2. 2 pg. 2003. <file:///C:/Users/Home/Downloads/DialnetSintesisDeLaImportanciaDelPotasioEnElSueloYPlantas-5969765.pdf> (Último acceso: 09 de abril del 2018).
43. Lazcano, Ignacio. El potasio y el concepto de la fertilización balanceada. 2016. https://www.researchgate.net/publication/238736443_EL_POTASIO_Y_EL_CONCEPTO_DE_LA_FERTILIZACION_BALANCEADA (Último acceso: 09 de abril del 2018).
44. MAG. (Ministerio de Agricultura y Ganadería). Boletín Situacional arroz. pág. 6. 2015. http://sipa.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2016/boletin_situacional_arroz_2015.pdf (Último acceso 20 de marzo del 2018).
45. Márquez, Otton. Incidencia del fósforo en el macollamiento de arroz (*Oryza sativa*) variedad INIAP 15. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Los Ríos-Ecuador. 67 p. 2013. <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/417/1/T-UTEQ-0013.pdf> (Último acceso: 26 de marzo del 2018).
46. Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, 2nd Ed. Nueva York. 889p. 1985: 226.
47. Matsuo *et al*, (1995), en: Jaramillo *et al*, (S.f). Efecto del Manejo de la Fertilización Nitrogenada en Arroz de Riego, sobre la Expresión del Potencial de Rendimiento de Líneas Elite y Cultivares Comerciales. Ingeniero Agrónomo. Apoyo al personal de investigación FLAR (CIAT). Consultora Estadística CIAT. Arroz y Biodiversidad.

<ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.../faca/docs/Noe/.../nitrogeno%20en%20arroz.doc>

(Último acceso: 08 de agosto del 2018).

48. Matsushima y Manaka (1961), en: Jaramillo *et al*, (S.f). Efecto del Manejo de la Fertilización Nitrogenada en Arroz de Riego, sobre la Expresión del Potencial de Rendimiento de Líneas Elite y Cultivares Comerciales. Ingeniero Agrónomo. Apoyo al personal de investigación FLAR (CIAT). Consultora Estadística CIAT. Arroz y Biodiversidad. <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/.../faca/docs/Noe/.../nitrogeno%20en%20arroz.doc> (Último acceso: 08 de agosto del 2018).
49. Medina, José. Absorción de nutrientes minerales por la variedad Fedearroz Lagunas. Gamarra- Cesar. 2011. Disponible en: <http://www.fedearroz.com.co/revistanew/arroz493.pdf> (Ultimo acceso: 17 de julio del 2017).
50. Mejía, M. Conceptos sobre fisiología de absorción y funciones de los minerales en la nutrición de las plantas. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*. Edición Alberto Ramírez P. Impreso en Feriva (Cali, Colombia). Palmira, Valle del Cauca, Colombia. ISBN: 978-958-8095-59-2. 12p.2010.
51. Mendoza, Luis; Racines, Marcelo; Espín, Diana. INIAP. (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). Adopción de la variedad de arroz INIAP-14 y sus componentes tecnológicos en el proyecto de riego América Lomas, Cantón Daule, Provincia del Guayas. Quito-Ecuador. 70 p. 2011. <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/adopcionv.pdf> (Último acceso: 03 de abril del 2018).
52. Molina, Eloy; Rodriguez, José. Fertilización con N, P, K y S, y curvas de absorción de nutrimentos en arroz var. Cfx 18 en Guanacaste. *Agronomía Costarricense* 36(1): 39-51. ISSN: 0377-9424. 2012. <file:///C:/Users/Home/Downloads/Dialnet-FertilizacionConNPKYSYCurvasDeAbsorcionDeNutriment-4056989%20.pdf> (Último acceso: 01 de junio del 2017).
53. Montero, P; Domingo, C; Pla, E; Tomas, N; Catalá, M. IVIA (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias). Manual de buenas prácticas en el cultivo de arroz.

- Nota Técnica. 31 pg. 2017.
<http://www.ivia.gva.es/documents/161862582/162455759/Manual+de+buenas+pr%C3%A1cticas+en+el+cultivo+del+arroz.pdf/41563bfc-8675-42d4-b081-75cb40f1890b> (Último acceso 04 de abril del 2018).
54. Moquete, Cesar. El cultivo de arroz. Guía Técnica. Serie Cultivos No.37. Santo Domingo. República Dominicana. 166 p. CEDAF. ISBN: 978-9945-8647-0-0. 2010. <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/arroz.pdf> (Último acceso 26 de marzo del 2018).
55. Morán, José. Cultivo de arroz. Requerimientos Edafoclimaticos. 2012. <http://jose31moran.blogspot.com/2012/07/requerimientos-edafoclimaticos.html> (Último acceso: 28 de marzo del 2018).
56. Moreno, B. Rendimientos del arroz en el Ecuador primer cuatrimestre. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Quito. Ecuador. 2014. http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_arroz_1er_cuatrimestre.pdf (Último acceso: 05 de junio del 2017).
57. Morocho, Diana. "Efecto de dosis de ácidos húmicos en suelos salinos sobre las características agronómicas de arroz". Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Agrarias. Daule- Ecuador. 2014. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/5825/1/MOROCHOVillamarDIANA.pdf> (Último acceso: 05 de junio del 2017).
58. Morón, Alejandro; Martino, Daniel; Sawchik, Jorge. Manejo y fertilidad de suelos. Serie Técnica N° 76. Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. Montevideo-Uruguay. 173 pg. ISBN: 9974-38-063-4. 1996. www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807135249.pdf (Último acceso: 09 de abril del 2018).
59. Munera, German; Meza, Diana. El fosforo elemento indispensable para la vida vegetal. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. 52 pg. 2012. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5248/el%20fosforo%20elemento.pdf?sequence=1> (Último acceso: 05 de abril del 2018).

60. Navarro, S; Navarro, G. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Segunda Edición. Edición Mundi Prensa. Madrid-Barcelona-México. ISBN: 84-8470-15i-X. 2003.
61. Netto, D. Factores que afectan la absorción de nutrientes en la raíz. 2000. http://www.fisicanet.com.ar/biologia/fisiologia/ap01_absorcion_de_minerales.php (Último acceso: 02 de mayo del 2018).
62. Oliveros, Mauricio; Arbeláez, Juan; Herrera, Gustavo; Ariza, Wilmar. Importancia de la nutrición mineral balanceada en los cultivos, “clave en el manejo fitosanitario”. Departamento de investigación y desarrollo. 2014. https://www.researchgate.net/publication/260202092_IMPORTANCIA_DE_LA_NUTRICION_MINERAL_BALANCEADA_EN_LOS_CULTIVOS_CLAVE_EN_E_L_MANEJO_FITOSANITARIO (Último acceso: 03 de abril del 2018).
63. Olmos, Sofía. Apunte de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz. Facultad de Ciencias Agrarias. UNNE. Corrientes-Argentina. 2006. <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/ApunteMORFOLOGIA.pdf> (Último acceso 26 de marzo del 2018).
64. Olmos, Sofía. Prácticas para el manejo de arroz. UNNE. Facultad de Ciencias Agrarias. Corrientes-Argentina. 2006. <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte-PRACTICAS.PDF> (Último acceso: 28 de marzo del 2018).
65. Ortega, Rodrigo; Rojas, Carlos. Fertilización con fosforo en el arroz. Programa Fertilidad de Suelos. Quilamapu. 1988. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR06576.pdf> (Último acceso: 12 de agosto del 2018).
66. Parra, Jorge. Estudio comparativo de dos fuentes de zinc aplicadas en seis dosis, sobre el suelo y al follaje en la variedad de arroz (*Oryza sativa* L.) Iniap 15. Universidad de Guayaquil. 2013. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/431/1/Jorge%20Javier%20Parra%20Cr uz.pdf> (Último acceso: 05 de junio del 2018).
67. Patiño, Walter. “Influencia de dos fórmulas de abonamiento NPK y cinco momentos de aplicación, sobre el rendimiento y otras características, en el cultivo

- de arroz (*Oryza sativa* L) variedad IR-43, en el Valle de San Lorenzo". Universidad Nacional de Piura. Facultad de Agronomía. Piura-Perú. 119 pg. 2015. <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/392/AGR-PAT-ALA-15.pdf> (Último acceso: 09 de abril del 2018).
68. Pincirolí, María; Ponzio, Nora; Salsamendi, Maité. El arroz alimento de millones. 1a ed. Tandil. pág. 105. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 2015. ftp://www1.faa.unicen.edu.ar/pub/Arroz_Alimento_de_millones.pdf (Último acceso 20 de marzo del 2018).
69. Porras, Enzo. Respuesta del arroz (*Oryza sativa*. L) cultivar C-7 STEC a tres densidades de siembra, cuatro niveles de nitrógeno y dos niveles de potasio, en siembra de verano en finca La Vega, San Carlos. Instituto Tecnológico De Costa Rica. Sede Regional San Carlos. 102 pg. 2013. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5970/Respuesta%20del%20arroz%20%28Oryza%20sativa.%20L%29%20cultivar%20C7%20STEC%20a%20tres%20densidades%20de%20siembra%20%20cuatro%20niveles%20de%20nitr%C3%B3geno%20y%20dos%20niveles%20de%20potasio%20%20en%20siembra%20de%20verano%20en%20finca%20La%20Vega%20%20San%20Carlos.pdf> (Último acceso: 04 de abril del 2018).
70. Pulido, Juan. Estimación de pérdidas en los cultivos de arroz seco en tres fincas de los Municipios de Yopal y Aguazul por algunos factores edafoclimáticos. Universidad de la Salle. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá. D.C. 2016. http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21159/12042011_2016.pdf (Último acceso: 28 de marzo del 2018).
71. Quintero, Cesar; Prast, Fabio; Zamero, María; Arévalo, Edgardo; Spinelli, Nicolás; Boschetti, Graciela. Absorción de nitrógeno y rendimiento de arroz con diferentes formas de nitrógeno aplicado previo al riego. Ciencia del suelo. Argentina. 2014. https://www.researchgate.net/publication/262654742_Absorcion_de_nitrogeno_y_rendimiento_de_arroz_con_diferentes_formas_de_nitrogeno_aplicado_previo_al_riego (Último acceso: 09 de junio del 2018).
72. Quintero, Cesar; Prats, Fabio; Zamero, María; Arévalo, Edgardo; Spinelli, Nicolás; Boschetti, Graciela. Absorción de nitrógeno y rendimiento de arroz con diferentes

- formas de nitrógeno aplicado previo al riego. Ciencias del suelo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNER, CC24 Paraná ER (3100). Buenos Aires. Vol.29.No2. ISSN 1850-2067. 2011. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672011000200012 (Último acceso: 07 de agosto del 2018).
73. Chacra. Cuál es el nivel de extracción de nutrientes. Fertilidad. Buenos Aires. Argentina. 2018. <http://www.revistachacra.com.ar/nota/135-cual-es-el-nivel-de-extraccion-de-nutrientes/> (Último acceso: 12 de agosto del 2018).
 74. Rodríguez, H; Rodríguez, J. Métodos de análisis de suelos y plantas: Criterios de interpretación. México: Trillas. 2011.
 75. Rodriguez, José. Fertilización del cultivo del arroz (*Oryza sativa*). XI Congreso Nacional Agronómico. III Congreso Nacional de Suelos. 1999. http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_123.pdf (Último acceso: 17 de julio del 2017).
 76. Rodriguez, Mariela; Flores, Víctor. Elementos esenciales y beneficiosos. Nociones básicas del fertiriego. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 12 pg. 2004. <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3133/F13.pdf> (Último acceso: 05 de abril del 2018).
 77. SAG, (2003). En Gonzales, Roberto. Evaluación agroproductiva de cuatro cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Sur del Jíbaro. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Santa Clara. 2015. http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2026/Roberto_Carlos_Gonz%C3%A1lez_Mej%C3%ADas.pdf (Último acceso 28 de marzo del 2018).
 78. SAG. (Secretaria de Agricultura y Ganadería). Fertilización en el cultivo de arroz. Serie Arroz N° 3. Estación Experimental Playitas. Valle de Comayagua. 2 p. 2006. <http://www.dicta.hn/files/Fertilizacion-arroz,-2006.pdf> (Último acceso: 03 de abril del 2018).
 79. Salazar, F; Juárez, P. Requerimiento macronutricional en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.). Revista Bio-ciencias. Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Xalisco, Nayarit, México. 2013: 28-30

- <http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/03-02/biociencias3-2-3.pdf>. (Último acceso: 30 de octubre del 2017).
80. Sierra, A; Simonne, E; Treadwell, D. Principios y prácticas para el manejo de nutrientes en la producción de hortalizas. Universidad de la Florida. Departamento de Horticultural Science. Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas. 2007: 4. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS35600.pdf> (Último acceso: 02 de mayo del 2018).
81. Soto, (1991). En: Ruiz y Centeno. Evaluación del comportamiento agronómico de 11 líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) en el valle de Sébaco, durante la época de postrera del 2006. Universidad Nacional Agraria. Managua. Nicaragua 2007. <http://repositorio.una.edu.ni/2044/1/tnf30r934.pdf> (Último acceso: 06 de junio del 2018).
82. Tinarelli, (1989). En: Ruíz y Centeno. Evaluación del comportamiento agronómico de 11 líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) en el valle de Sébaco, durante la época de postrera del 2006. Universidad Nacional Agraria. Managua. Nicaragua 2007. <http://repositorio.una.edu.ni/2044/1/tnf30r934.pdf> (Último acceso: 06 de junio del 2018).
83. Torres, Ramón. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Evaluación agronómica de cinco variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) a dos distancias en siembra directa bajo el sistema de cultivo en secano en la comunidad de Nushino Ishpingo del Cantón Arajuno, Provincia de Pastaza. Riobamba-Ecuador. 2013. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2800/1/13T0767%20.pdf> (Último acceso: 21 de junio del 2017).
84. Valdez, John. Evaluación morfo-agronómica y productiva de ocho variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) en el recinto Los Cerritos, Cantón Urdaneta, Provincia Los Ríos. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda- Ecuador. 93 pg. 2015. <http://dspace.ueB.edu.ec/bitstream/123456789/1277/1/169.pdf> (Último acceso: 09 de abril del 2018).
85. Valladares, César. Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (Curla). Departamento de Producción Vegetal. La Ceiba. 28 p 2010.

- http://institutorubino.edu.uy/materiales/Federico_Franco/6toBot/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf (Último acceso 26 de marzo del 2018).
86. Vargas, Marvin. Fertilización con cuatro niveles de nitrógeno, fósforo y potasio y curvas de absorción de la variedad Fedearroz 50, en condiciones de secano favorecido. Corporación Arroceras Nacional. Departamento Técnico y de Control. 36 pg. 2002.
<http://www.conarroz.com/pdf/Proyecto%20de%20ensayo%20de%20niveles%20de%20fertilizacion.pdf> (Último acceso 04 de abril del 2018).
87. Vega, Edgar; Salas, Rafael. Curvas de absorción de nutrientes bajo dos métodos de fertilización en sandía. Universidad de Costa Rica. Guanacaste. Costa Rica. InterSedes: Revista de las Sedes Regionales. Vol. XII, pp. 19-44. 2012.
<http://www.redalyc.org/pdf/666/66624662002.pdf> (Último acceso: 05 de junio del 2018).
88. INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, EC). 2006-2012. Rocafuerte, Manabí, EC.
89. Corporación Reguladora del Manejo de los Recursos Hídricos de Manabí (CRM). Portoviejo. 2006.

XI. ANEXOS

Anexo 1: Elaboración y siembra de semillero



Anexo 2: Trasplante



Anexo 3: control de insectos y malezas



Anexo 4: Fertilización



Anexo 5: Recolección de muestra



Anexo 6: Limpieza de muestras y riego



Anexo 7: Separación de órganos y medición de longitud de raíz y tallo



Anexo 8: Maduración y cosecha



Anexo 9: Secado en estufa y trasladado al laboratorio

