

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIA CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



## TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo Experimental, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener el título de:

# INGENIERA AGRÓNOMA

#### TEMA:

"Aplicación de programas de fertilización en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.), bajo condiciones de riego, en la zona de Pimocha, Los Ríos."

#### **AUTORA:**

Meibelin Lissbet Gamboa Viva

#### **TUTOR:**

Ing. Agr. Eduardo Colina Msc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2019



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



# TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo experimental, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la obtención de título de:

# INGENIERA AGRÓNOMA

#### TEMA:

"Aplicación de programas de fertilización en el cultivo de Arroz (Oryza sativa L.), bajo condiciones de riego, en la zona Pimocha, Los Ríos".

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN:

Ing. Agr. Oscar Mora Castro MBA

PRESIDENTE

Ing. Agr.Guillermo García Vásquez Msc

VOCAL PRINCIPAL

Ing. Agr. Marlon López Izurieta Msc

VOCAL PRINCIPAL

La responsabilidad por la investigación, análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones, presentadas y sustentadas en este trabajo experimental son única exclusividad del Autor

Meibelin GamboaV. Meibelin Lissbet Gamboa

#### **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación va dedicado a DIOS todo poderoso ya que gracias a el he logrado concluir mi carrera

A mis padres Genaro Gamboa Martínez y María luisa viva rojas por que ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional en el transcurso de mi vida profesional e ellos que me supieron inculcar valores y confianza en mi

A mis hermanos, que de una u otra manera estuvieron ahí brindándome su apoyo y tiempo necesario para verme realizada en este logro profesional

A todos aquellos que pusieron un granito de arena apoyándome para continuar y no renunciar, gracias por su amor incondicional para la realización de este objetivo final.

#### **AGRADECIMIENTOS**

- > A Dios Padre, por brindarme la oportunidad de vivir y realizar esta meta.
- ➤ A mis padres, por todo su apoyo Brindado en el transcurso de mi carrera por creer y confiar en mis expectativas.
- A mis hermanos, por su comprensión y cariño y siempre desear lo mejor para mi vida.
- A mi familia por estar siempre allí en mi vida siendo un soporte para seguir hacia adelante con cada consejo y por cada una de sus palabra que me ayudaron a cumplir mi objetivo.
- A la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias y su personal docente, por su aporte en mi formación profesional.
- A el Ing. Agr. Msc. Eduardo Colina, Tutor de este trabajo por sus sabios concejos sobre el trabajo.
- A el amor de mi vida que de una u otra manera a estado junto a mi brindándome su apoyo incondicional y acompañándome en este logro de mi vida
- A todos mis compañeros de lucha y estudios, por el tiempo dedicado y aportaciones hechas

Gracias.....

### CONTENIDO

١.	INT	RODUCCIÓN	. 1
	1.1.	Objetivos	. 3
	1.1.	.1. General	. 3
	1.1.	.2. Específicos	. 3
II.	MA	RCO TEÓRICO	. 4
	2.1.	Generalidades del cultivo	. 4
	2.2.	Origen	. 5
	2.3.	Producción en Ecuador	. 6
	2.4.	Taxonomía	. 7
	2.5.	Características botánicas	. 7
	2.6.	Requerimientos edafoclimaticos del cultivo	. 8
	2.7.	Fases del cultivo	10
	2.8.	Importancia de la fertilización en el cultivo de arroz	10
	2.9.	Fertilización nitrogenada	11
	2.10.	Fertilización fosfórica	12
	2.11.	Fertilización potásica	12
	2.12.	Variedades de arroz	13
	2.13.	Características SFL - 11	14
III	l. N	MATERIALES Y MÉTODOS	15
	3.1. U	Jbicación y descripción del campo experimental	15
	3.2. N	Naterial genético	15
	3.3. N	Métodos	15
	3.4. F	actores estudiados	15
	3.5. T	ratamientos	16
	3.6. D	Diseño experimental	16
	3.6.	.1. Esquema del análisis de varianza	17
	3.7. D	Dimensión del experimento	17
	3.8. N	Manejo del ensayo	17
	3.8.	.1. Preparación del terreno	17
		.4. Siembra	
		.5. Control de malezas	
		.6. Control fitosanitario	

3.8.	7. Fertilización	18
3.8.	8. Cosecha	19
3.9. D	atos evaluados	19
3.9.	1. Altura de planta	19
3.9.	2. Número de macollos	19
3.9.	3. Número de panículas	20
3.9.	4. Longitud de las panículas	20
3.9.	5 Granos por panículas	20
3.9.	6. Peso de 1000 granos	20
3.9.	7. Rendimiento	21
2.9.	8. Productividad Parcial de nutrientes	21
3.9.	9. Análisis económico	21
IV.	RESULTADOS	22
4.1.	Altura de planta	22
4.2.	Número de macollos/m²	22
4.3.	Número de panículas/m2	22
4.4.	Longitud de panículas	23
4.5.	Granos por panículas	24
4.6.	Peso de 1000 granos	24
4.7.	Rendimiento	25
4.8.	Productividad Parcial de nutrientes	25
4.9.	Análisis económico	26
V. C	ONCLUSIONES	28
VI.	RECOMENDACIONES	29
VII.	RESUMEN	30
VIII.	SUMMARY	31
IX.	BIBLIOGRAFÍA	32
X. A	PÉNDICE	36
10.1.	Cuadros estadísticos	37

# **ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1. Tratamientos a estudiarse en "Carolina 2" (Pimocha) 2019	16
Cuadro 2. Altura de planta y número de macollos en el cultivo de arroz. Pimocha 2019	). 22
Cuadro 3. Número de panículas y granos por panículas en el cultivo de arroz. Pimocha	a
2019	23
Cuadro 4. Granos por panículas y peso de 1000 granos en el cultivo de arroz. Pimoch	
2019	24
Cuadro 5. Rendimiento y productividad parcial de nutrientes en el cultivo de arroz.	
Pimocha 2019	25
Cuadro 6. Análisis económico/ha cultivo de arroz. Pimocha 2019	27
Cuadro 7. Análisis de varianza para variables en estudio, en el cultivo de arroz. Pimoc	:ha
2019	37

# I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L), es uno de los cereales más importantes en la alimentación humana, a nivel mundial, en América Latina y el Caribe se siembran alrededor de 153 millones de hectáreas en el mundo, las cuales producen 608 millones de toneladas métricas de arroz cáscara. El área y la producción de arroz en América Latina representan aproximadamente el 4% del total mundial, por lo cual incrementan la producción, en América Latina es una necesidad prioritaria para asegurar el suministro del grano a la población cada vez mayor, para garantizar la disponibilidad de este alimento básico a precios favorables, para todos los estratos sociales requieren que el agricultor cuente con nuevas técnicas, y conocimientos para mejorar la producción, con énfasis en el aumento de la productividad y la rentabilidad del cultivo a nivel de campo (Instituto Nacional de Pre inversión, 2015).

En el Ecuador, el cultivo de arroz es de gran importancia socioeconómica, según los datos registrados, existen 394 813.00 hectáreas cosechadas con una producción de 1 579 406 Tm. En la Provincia de Los Ríos existen 140 707 hectáreas sembradas, de las cuales 125 228 son cosechadas, estimándose a una producción de 449 749 Tm de arroz en cascara. (MAGAP, 2012)

Las características físicas-químicas del suelo, deben ser conocidas por el productor agrícola, ya que el crecimiento y desarrollo de los cultivos y la cantidad y calidad de las cosechas están relacionados con la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. Dentro de los factores de mayor importancia que afectan la productividad, es la disponibilidad de los nutrientes esenciales para el desarrollo del cultivo. Cuando estos nutrientes no se encuentran en cantidades adecuadas en el suelo, es necesario adicionar fertilizantes químicos o enmiendas para suplir las necesidades y corregir condiciones adversas.

La aplicación de fertilizantes es un factor altamente limitante en la producción de los cultivos, ya que en muchos casos estos son depositados o colocados en épocas donde el cultivo ya no los necesita o no son colocados de una forma balanceada.

Este problema es más creciente con los elementos que el agricultor normalmente no utiliza como Magnesio y Azufre, además de los micro elementos, ya que estos por requerirse en cantidades más bajas y en épocas precisas de la planta son muy descuidados por los productores. Adicionalmente a este problema, la no utilización de análisis de suelo para determinar las deficiencias de macro y micro elementos, dificulta la aplicación de los nutrientes que el cultivo necesita.

Desde este punto de vista, el análisis químico del suelo puede suministrar información muy valiosa, y eficaz para el buen desarrollo del cultivo. La no utilización de micro elementos en el cultivo de arroz puede influir directamente sobre la aparición de las inflorescencias y en especial sobre la formación de las espiguillas, los cual repercutiría sobre la producción general del cultivo, afectando la rentabilidad del mismo.

La utilización de programas de fertilización es una tecnología muy antigua y de gran uso actual, la cual no ha sido debidamente estudiada, el conocimiento adecuado de dosis, épocas, mezclas y productos mejorará la eficiencia de los mismos, reduciendo costos. Los productos químicos utilizados para la fertilización edáfica han logrado aumentar los costos y niveles de contaminación, esto hace que no se garantice una producción sustentable y que sea amigable con el medio ambiente.

En la actualidad la ciencia y tecnología está generando información sobre nutrición, de forma tal que día con día surgen nuevos productos y tecnologías para el mejor manejo de cultivos intensivos, lo que repercute en la mejora de la producción con el empleo de diversas prácticas.

En base a lo expuesto se plantea la realización de la presente investigación con diferentes programas de fertilización y cómo influyen en el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz.

# 1.1. Objetivos

#### **1.1.1.** General

Aplicar los programas de fertilización en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*), bajo condiciones de riego.

#### 1.1.2. Específicos

- Determinar el comportamiento del cultivo de arroz (Oryza sativa L) frente a la aplicación de programas de fertilización con elemento faltante.
- Establecer el mejor programa de fertilización con efectos sobre la producción de grano de arroz (*Oryza sativa* L).
- Analizar económicamente de los tratamientos en estudio.

# II. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Generalidades del cultivo

El arroz es un cultivo tropical y subtropical, aunque la mayoría a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales, pero también se puede cultivar en las regiones húmedas de los subtropicos y en los climas templados. El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en los suelos de textura fina y media propia del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y deltas de los ríos. Los suelos de textura fina dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto, la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes (Quirós y Ramírez, 2006).

El arroz es un cultivo cuya base productiva conjuga trabajo, tierra y agua. Dada la situación actual de esos recursos en el mundo, ni Asia, ni África parecen dar garantías para producir la totalidad de la demanda mundial de arroz, necesaria para alimentar a más de 7 000 millones de personas. Considerando que el arroz, provee más de la mitad del alimento diario a una tercera parte de la población mundial especialmente en Asia, donde se encuentra el 58 % de dicha población y se consume más del 90 % de todo el arroz producido en el mundo. El arroz es el único cereal importante que se destina casi exclusivamente a la alimentación humana. Es rico en vitaminas y en sales minerales que cubren en un alto porcentaje las necesidades alimenticias del ser humano. Es de bajo contenido graso (1 %), libre de colesterol y muy bajo en sodio (De La Cruz, 2013).

El arroz constituye uno de los cereales básicos de la dieta humana, representando aproximadamente 20 % de la ingestión mundial de energía y 15 % del aporte de proteína. En los países más pobres del Asia, el consumo de arroz corresponde más de la mitad del aporte energético y proteico de esas poblaciones (Ramírez et al. 2013).

De una manera u otra, el cultivo del arroz es el cultivo más productivo de todos los cereales. Dependiendo del clima y de la disponibilidad de agua, se puede realizar hasta cuatro cosechas anuales, como se ha visto en algunos lugares de China. En países templados se da solamente una cosecha al año. En cuanto a la productividad puede variar desde menos de 1 tonelada por hectárea, en lugares donde se cultiva con métodos tradicionales hasta las más de 9 toneladas por hectárea en ciertos cultivos por regadío (Andrade, *et al.* 2006).

#### 2.2. Origen

El arroz es una gramínea domesticada y es a la vez un cultivo milenario, se tiene evidencia de que en algunos países del continente asiático se cultiva desde hace unos 10 000 años. En términos de la producción mundial de los cereales, el arroz ya supera al trigo. El botánico Vavilov, consideró que el arroz cultivado tiene su origen en la India de donde pasó a la China y después al resto del mundo. Aproximadamente el 90 % del arroz que se cosecha en el mundo, se produce en las zonas templadas y solo el 10 % en las zonas tropicales. En las zonas templadas donde el rendimiento de grano es bastante alto, debido a una mayor cantidad de horas luz, asimismo gran parte del arroz que se produce en estas zonas templadas, es bajo riego controlado (INIAP 2007).

Con las nuevas variedades de alto rendimiento y la utilización de prácticas mejoradas de cultivo, se ha demostrado que también en las zonas tropicales, que cuentan con la suficiente disponibilidad de agua, es posible también obtener elevados rendimientos de arroz. Estas áreas es donde los productores pueden ser competitivos, eficientes y conducir una agricultura rentable y sostenible con el cultivo del arroz. Aunque, es considerable el área de arroz que se cultiva en tierras de secano, es decir sin riego, pero este tipo de cultivo suele limitarse en su mayor parte a zonas con lluvia relativamente abundante durante la temporada de desarrollo del cultivo (UNCTAD, 2000).

De una manera u otra, el cultivo del arroz es el cultivo más productivo de todos los cereales. Dependiendo del clima y de la disponibilidad de agua, se puede realizar hasta cuatro cosechas anuales, como se ha visto en algunos lugares de China. En países templados se da solamente una cosecha al año.

En cuanto a la productividad puede variar desde menos de 1 tonelada por hectárea, en lugares donde se cultiva con métodos tradicionales hasta las más de 9 toneladas por hectárea en ciertos cultivos por regadío (Andrade, *et al.* 2006).

#### 2.3. Producción en Ecuador

El cultivo de arroz se realiza casi en su totalidad en el litoral (99 %) distribuyéndose principalmente en tres provincias: Guayas (67 %), Los Ríos (28 %) y Manabí (5 %). De la superficie restante, la provincia que abarca la mayor área sembrada es Loja, que se la puede considerar como una provincia emergente en la producción de arroz cáscara (Moreno y Salvador 2015).

La mayor parte de la producción de arroz proviene del cantón Daule, pero existen otros cantones que contribuyen con un porcentaje no tan alto, pero si aceptable a la producción de la provincia en mención es el caso de los cantones de Pedro Carbo, Salitre, Samborondón, Simón Bolívar y Yaguachi. A su vez los cantones que tuvieron mejores rendimientos a nivel nacional los cuales fueron: Daule y Santa Lucía en la provincia del Guayas, Pueblo viejo en Los Ríos, Rocafuerte en Manabí y Zapotillo en Loja. Estos cantones en su mayoría usaron la variedad SFL-11 o también conocido como 011 (Poveda y Andrade, 2018).

En Ecuador, el rendimiento nacional para el primer ciclo del 2016 fue de 4,16 t/ha. La provincia de mayor rendimiento fue Loja con 8,46 t/ha; mientras que la de menor rendimiento fue Los Ríos con 3,46 t/ha. Los problemas fitosanitarios como el vaneamiento y manchado de grano fueron las principales causas que impactaron en la productividad. El rendimiento promedio de los productores que participaron en el plan semilla fue 0,64 t/ha superior al rendimiento de los productores que no participaron. La propagación del cultivo en su mayoría se realizó por medio de semilla. La superficie sembrada por agricultor fue de 4,28 hectáreas en promedio (Castro 2017).

#### 2.4. Taxonomía

A continuación, se presenta la clasificación taxonómica del cultivo de arroz:

Reino: Plantae

**Subreino:** Tracheobionta **División:** Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Sub-clase: Commelinidae

Orden: Poales
Familia: Poaceae

Sub-familia: Bambusoideae

Tribu: Oryzeae Género: Oryza

**Especie:** *Oryza sativa* L. Fuente: (CIAT 2005).

#### 2.5. Características botánicas

El arroz (*Oryza sativa*) es una monocotiledónea perteneciente a la familia poaceae sus principales características morfológicas son las siguientes:

Las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Posee dos tipos de raíces: seminales que se originan de la radícula y son de naturaleza temporal y las raíces adventicias segundarias, que tienen una libre ramificación y se forman a partir de nudos inferiores del tallo joven. Estas últimas sustituyen a las raíces seminales (MDRyT, 2011).

El tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, nudoso, glabro y de 60 a120 cm de longitud. Las hojas son alternas, envainadoras, con el limbo lineal, agudo, largo y plano. En el punto de reunión de la vaina y el limbo se encuentra una lígula membranosa, bífida y erguida que representa en el borde inferior una serie de cirros largos y sedosos. La primera hoja que aparece en la base del tallo principal o de las macollas se denomina prófilo, no tiene lámina y están constituidos por dos brácteas aquilladas (Olmos, 2006).

La panoja es un grupo de espiguillas nacidas en el nudo superior del tallo. La espiguilla individual, está formada por dos "glumas externas" (lemas estériles) muy pequeñas, y todas las demás partes florales se encuentra entre ellas o por encima de ellas. Crecen sobre el pedicelo, que las conectan con la rama de la panoja. (De La Cruz, 2013).

La semilla es un ovario maduro, seco e indehiscente. Consta de la cáscara formada por la lema y la palea con sus estructuras asociadas, lemas estériles, la raquilla y la arista; el embrión, situado en el lado ventral de la semilla cerca a la lema, y el endospermo, que provee alimento al embrión durante la germinación (CIAT, 2005).

#### 2.6. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

#### Precipitación

La precipitación es la fuente principal de aprovisionamiento de agua. En la mayor parte de países tropicales el cultivo del arroz depende por completo de la precipitación pluvial estacional. La planta de arroz se desarrolla adecuadamente a profundidades de agua entre 0-20 cm. No obstante, varios investigadores concluyen que se obtienen mayores rendimientos con un tirante de agua menor de 5 cm. (Andrade y Hurtado, 2007).

#### **Temperatura**

El arroz está adaptado a regiones de temperaturas elevadas y de insolación prolongada. La temperatura promedio requerida mediante la vida de la planta tiene un rango de 20 a 37, °C. La temperatura total requerida (suma de las temperaturas medias diarias durante el periodo de crecimiento, es de 1130 a 1500 °C. La temperatura tiene un efecto importante sobre el crecimiento. Las temperaturas bajas en las primeras etapas del crecimiento retardan el desarrollo de las plantas, reduciendo la formación de hijuelos. La altura de la planta y el número de hojas se afectan de manera adversa, ocasionando un retraso en la floración. Las temperaturas bajas que se presentan después de la floración, ocasionan una reducción en el número de espiguillas fertilizadas y en su peso (Andrade y Hurtado, 2007).

#### **Fotoperiodo**

Planta de día corto, con un fotoperiodo crítico de 12-14 horas. La sensibilidad al fotoperiodo varía entre genotipos. El fotoperiodo crítico para las variedades más sensibles es de 10 horas. Casi todas las variedades presentan mayor precocidad en ambientes de días cortos. Existen variedades insensibles al fotoperiodo (FAO, 2003).

#### **Viento**

Aunque es probable que el viento ligero sea favorable para el cultivo del arroz, los vientos fuertes, en especial si duran demasiado, tienen un efecto adverso sobre el rendimiento del grano. El daño debido al viento, no solo se manifiesta en él acame y desgrane de las panojas. Si se produce antes de la floración, se reduce el número de espiguillas, en la floración el viento aumenta el número de glumas vacías y provoca la formación de granos de color pardo. Los vientos fuertes resultan muy perjudiciales cuando se presentan 5 ó 10 días después de la floración, debido a que aumenta el número de endospermos que abortan.

#### Suelo

El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propia del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y deltas de los ríos. Los suelos de textura fina dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto, la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes (Andrade y Hurtado, 2007).

#### рΗ

El pH óptimo para el arroz es 6.6, pues con este valor la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, y la disponibilidad de fósforo son altas y además las concentraciones de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes (Andrade y Hurtado, 2007).

#### 2.7. Fases del cultivo

Las plantas que producen semilla, se distinguen tres fases de desarrollo, las cuales tienen períodos de crecimiento definidas en cuanto a la diferenciación de la planta y los días de duración de estas tres fases. La fase vegetativa: por lo general dura de 55 a 60 días en las variedades de período intermedio. La fase reproductiva: incluye el período desde la formación del primordio floral, embuchamiento (14-7 días antes de la emergencia de la panícula), hasta la emergencia de la panícula (floración). Esta fase dura entre 35 y 40 días. La fase de madurez: abarca desde la emergencia de la panícula (floración), el llenado y desarrollo de los granos (estado lechoso y pastoso) hasta la cosecha (madurez del grano) y dura de 30 a 40 días (SAG, 2003).

Expresa que en general el ciclo vegetativo y reproductivo de las variedades de arroz que se cultivan actualmente, varía de 120 a 140 días desde la germinación hasta a la cosecha del grano, aunque actualmente se encuentran variedades de arroz con 105 días a la cosecha con rendimientos aceptables. Cuando las temperaturas son bajas durante la fase vegetativa, el período de desarrollo del cultivo puede alargarse por unos días más hasta 5 meses (150 días) (Gonzales, 2016).

#### 2.8. Importancia de la fertilización en el cultivo de arroz

La utilización de fertilizantes es imprescindible en todos los cultivos, con el objetivo de incrementar la producción y productividad de los mismos y proporcionar los requerimientos nutricionales a lo largo del ciclo vegetativo. El cultivo de arroz en nuestro país se desarrolla, en su mayoría, en suelos planos y de origen aluvial de la región Litoral o Costa, los mismos que presentan características físico-químicas muy variables (INIAP, 2007).

Razón por la cual, para establecer un programa de fertilización hay que considerar una serie de factores que impiden alcanzar el potencial productivo en el arroz, tales como: la degradación del suelo, una adecuada selección de fertilizantes con dosis, métodos y periodos de aplicación correctos, variedades de alto rendimiento y riegos que garanticen un balance adecuado en la nutrición de la planta de arroz (Tisdale y Nelson, 1987).

#### 2.9. Fertilización nitrogenada

El arroz es considerado como uno de los cultivos más demandante de fertilizantes nitrogenados en los países productores (FAO, 2004), y la urea es la fuente de N comúnmente usada, cuya eficiencia de recuperación de N, a partir de este fertilizante es generalmente baja, menor de 40 % para arroz bajo inundación. Mientras que la producción de arroz en condiciones de secano y en suelos ácidos de sabana, generalmente, el N residual de un cultivo es aprovechado por el cultivo subsiguiente (Alfonso *et al*, 2012)

El nitrógeno es constituyente de cada uno de los aminoácidos, es decir, presente en cada proteína. También hace parte de la molécula de clorofila y de los ácidos nucleicos. El nitrógeno estimula el crecimiento de tallos y hojas. Además, estimula la producción de proteínas en frutas y granos, y ayuda a que la planta utilice otros nutrientes como fosforo y potasio (Kovacik *et al.* 2007). Su principal forma de absorción por la planta es NO<sub>3</sub>- y NH<sub>4</sub> +. Por su gran movilidad, los primeros síntomas se observan en hojas maduras. Su deficiencia causa falta de poder turgor y cambios de color en las hojas, las cuales primero se tornan verde claro, luego presentan clorosis y finalmente mueren; los sistemas radicales se ven reducidos (Suzuki *et al.* 2003). Otros síntomas que pueden presentarse son acumulación de compuestos fenólicos como flavonoides, antocianinas y cumarinas (Kovacik *et al.* 2007).

El nitrógeno se considera el elemento nutritivo que repercute de forma directa sobre la producción, aumenta el porcentaje de espiguillas, incrementa la superficie foliar y contribuye al aumento de calidad del grano (Barrera, *et al.* 2010.

El arroz necesita el nitrógeno en dos momentos críticos del cultivo:

- En la fase de ahijamiento medio (35-45 días después de la siembra).
- Desde el comienzo del alargamiento del entrenudo superior hasta que este entrenudo alcanza 1.5-2 cm.

El nitrógeno se debe aportar en dos fases: la primera como abonado de fondo, y, la segunda, al comienzo del ciclo reproductivo. La dosis de nitrógeno depende de la variedad, el tipo de suelo, las condiciones climáticas, manejo de los fertilizantes, entre otros.

#### 2.10. Fertilización fosfórica

El fósforo, es un constituyente de coenzimas, ácidos nucleicos y sustratos metabólicos. Hace parte del nucleótido más importante en la obtención de energía celular, el ATP. Promueve el desarrollo radical, y ayuda a desarrollar resistencia a enfermedades. Absorbido principalmente en forma H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-1</sup> y HPO<sub>4</sub> <sup>2-</sup>, donde la forma monovalente abunda más en pH menores a 5 y la forma divalente predomina en pH más alcalinos. Es uno de los nutrientes más limitantes en el crecimiento y desarrollo de la planta junto con el Nitrógeno. Su deficiencia en hojas, tallos y peciolos maduros se observan de color verde oscuro o azulado o pueden ser morados, las hojas pueden verse enrolladas, las plantas tienen un desarrollo lento, la floración se demora, el sistema radical es pobre y las plantas son bastante susceptibles a infecciones (Xiang-wen *et al.* 2008).

También influye de manera positiva sobre la productividad del arroz, aunque sus efectos son menos espectaculares que los del nitrógeno. El fósforo estimula el desarrollo radicular, favorece el ahijamiento, contribuye a la precocidad y uniformidad de la floración y maduración y mejora la calidad del grano (INIAP. (2018).

#### 2.11. Fertilización potásica

El potasio, es importante en la fotosíntesis, translocación de carbohidratos y síntesis de proteínas. Es un catalizador o activador de ciertas enzimas, participa en la osmorregulación y también en el mantenimiento del potencial de membrana (Pyo et al. 2010). Implicado en el control del turgor de las células guarda estomáticas. Se absorbe como ion K+. En su ausencia, inicialmente se observa en las hojas maduras clorosis marginal e intervenal, enrollamientos, hojas arrugadas y brotes muy cortos. En general, la planta con déficit de potasio se observa débil, con un sistema radical pobre, y con muy baja tolerancia a situaciones de estrés o ataques de enfermedades. La deficiencia estomática implica reducción de las tasas de transpiración e intercambio de gases (Gierth y Mäser 2007). Además, el potasio aumenta la resistencia al encamado, a las enfermedades y a las condiciones climáticas desfavorables (INIAP. (2018).

Los nutrientes cumplen un papel esencial y específico en la fisiología vegetal; cuando uno de estos elementos no se encuentra en las cantidades adecuadas su deficiencia en los tejidos promueve cambios en el metabolismo de la planta. Los síntomas de deficiencia nutricional son más o menos característicos de cada nutriente y dependen de la gravedad de la deficiencia. El grado de movilidad que presentan los elementos en las plantas determina la localización de los síntomas de su deficiencia. Algunos nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) se consideran muy móviles, por lo cual las plántulas deficientes en estos elementos inicialmente presentan síntomas visuales en las hojas más viejas. (Sepúlveda, 2014).

Para que una variedad de arroz exprese todo su potencial de producción, es necesario proporcionarle todas las condiciones apropiadas para su desarrollo, en las que se destaca un buen manejo de la fertilidad. El contenido de diversos elementos en la planta durante las etapas fenológicas del cultivo es afectado por el contenido de nutrientes en el suelo, la dosis, la fuente y las clases de los fertilizantes aplicados; las variedades empleadas y los sistemas de cultivos utilizados (Andrade, et al. 2006).

#### 2.12. Variedades de arroz

Las principales variedades de arroz que se siembra en Ecuador son: INIAP 14, INIAP 15, liberadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Existen otras variedades, distribuidas por productores nacionales (PRONACA) que son SFL 09 y SFL 011como las otras variedades de semillas sin certificación. Del total del área sembrada de arroz a nivel nacional, sólo el 20% se siembra con semilla certificada. (Comunidad de negocios, 2012).

#### 2.13. Características SFL - 11

Nombre científico: Oryza sativa L.

Variedad: SFL - 11

Condiciones de cultivo: Cuenca alta y baja del río Guayas.

Ciclo vegetativo de: 127-131 días.

Altura de planta: de 126 cm, grano largo, arroz entero al pilar 62%, latencia de la

semilla 4-6 semanas, tolerante al acame.

Panícula por planta: 19 a 24

Macollamiento: Intermedio

Peso de 1000 granos (g): 29

Longitud de grano (mm): 7,5 (extra largo) descascarado

Índice de pilado (%): 67

Desgrane: Intermedio

Centro blanco: Ninguno

Potencial de rendimiento de cultivo: 6 a 8 t/ha.

Fuente: Ficha técnica INDIA

# III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación y descripción del campo experimental

El presente trabajo experimental se realizó en los terrenos de propiedad del Sr. Miguel Bohórquez, ubicada en la Provincia de Los Ríos, en el Km. 6,5 de la vía Baba-, con coordenadas geográficas UTM: X: 9834140 N y Y: 666880 E.

Esta zona posee un clima tropical húmedo, con una temperatura promedio anual de 25,9 °C, una precipitación anual de 2656 mm, humedad relativa de 76 %, evaporación de 1128 mm, heliofanía de 3,5 horas de luz diaria y una altura de 8 m.s.n.m<sup>1</sup>.

### 3.2. Material genético

Se utilizó la variedad de arroz INDIA SFL -11

#### 3.3. Métodos

Se utilizaron los métodos inductivos - deductivos; deductivos - inductivos y experimentales.

#### 3.4. Factores estudiados

Variable dependiente: Comportamiento agronómico del cultivo de arroz.

Variable independiente: Programas de fertilización con elemento faltante en arroz.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Fuente: Estación experimental meteorológica UTB, INAHMI, 2019

#### 3.5. Tratamientos

El estudio fue constituido por siete tratamientos y 3 repeticiones Las mismas que se presentan a continuación:

Cuadro 1. Tratamientos a estudiarse en "Carolina 2" (Pimocha), 2019.

	Nutrientes kg/ha								
Trat	amientos	Ν	Р	K	Mg	S	В	Zn	Época de aplicación
									d.d.t. (*)
T1	Programa 1	138	46	90	12	12	2	2	0-5-15-30
T2	Programa 2	138	46	90	0	12	0	2	0-5-15-30
Т3	Programa 3	138	0	90	12	0	2	0	0-5-15-30
T4	Programa 4	138	46	0	0	0	0	2	0-5-15-30
T5	Programa 5	138	0	90	0	0	0	0	0-5-15-30
T6	Programa INIAP	138	23	60	0	6	0	0	0-5-15-30
T7	Testigo Agricultor	92	23	60	0	6	0	0	0-5-15-30

<sup>\*</sup> d.d.t: Días después del trasplante.

#### 3.6. Diseño experimental

En el presente trabajo experimental se utilizó el diseño experimental "Bloques al azar" con 7 tratamientos y 3 repeticiones. Las variables evaluadas fueron sujetas al análisis de variancia y para determinar la significancia estadística entre las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

# 3.6.1. Esquema del análisis de varianza

Se desarrolló el ANDEVA mediante el siguiente esquema:

Fuente de variación		Grados de libertad
Repetición	:	2
Tratamiento	:	6
Error experimental	:	12
Total	:	20

# 3.7. Dimensión del experimento

Descripción	Dimensión
Ancho de parcela	: 4,0 m
Longitud de parcela	: 5,0 m
Área de la parcela	: 20,0 m <sup>2</sup>
Área total del experimento	: 820 m <sup>2</sup>

#### 3.8. Manejo del ensayo

Se realizaron todas las labores agrícolas necesarias en el cultivo de arroz para su normal desarrollo, tales como:

# 3.8.1. Preparación del terreno

La preparación del suelo se efectuó mediante dos pases de romplow y uno de rastra liviana, con el pronóstico de que el suelo quede suelto para depositar la semilla.

#### 3.8.4. Siembra

La siembra se realizó por trasplante, con un distanciamiento de 0,3 m entre plantas y 0,3 m entre hileras, colocando 7 plantas por sitio. Las plantas provenientes del semillero, tienen una edad aproximada de 21 días desde su germinación.

#### 3.8.5. Control de malezas

En preemergencia se aplicó Gamit, en dosis de 800 cc/ha, en postemergente se aplicó Propanil en dosis de 4,0 L/ha a los 10 días, después de la siembra y posteriormente Checker, en dosis de 300 g/ha a los 30 dias después de la siembra, calculado en 200 litros de agua.

#### 3.8.6. Control fitosanitario

Para el control preventivo de insectos como *Hydrellia sp.* se utilizó Engeo (Thiametoxam + Lambdacyhalotrina) en dosis de 200 cc/ha a los 20 días después de la siembra. Posteriormente para el control de langosta (*Spodorptera frugiperda*) se aplicó Clorpirifos en dosis de 750 cc/ha a los 40 días después de la siembra.

Además, para el control preventivo de enfermedades se utilizó Nativo (Trifloxistrobin + Tebuconazole) en dosis de 0,6 L/ha a los 51 días después de la siembra.

#### 3.8.7. Fertilización

El programa de fertilización fue basado en niveles de rendimiento según escalas del IPNI (5000 kg/ha). Para el efecto la aplicación se realizó a los 0-5-15 y 30 días después del trasplante.

La colocación del fertilizante fue al voleo. El nitrógeno se aplicó como Urea, siendo la fuente de azufre sulfato de amonio aplicado de igual manera. La aplicación de potasio se aplicó en forma de Muriato de potasio a los 0-5 y 15 días después del trasplante. El magnesio fue aplicado con sulfato de magnesio y el fósforo en forma de difosfato de amonio, ambos a la siembra.

La aplicación de boro fue con el fertilizante Fertiboro, voleado al suelo a los 5 días después del trasplante. El caso del zinc la aplicación se realizó a la siembra en forma de óxido de zinc.

#### 3.8.8. Cosecha

La cosecha se realizó en forma manual, conforme se presente la madurez fisiológica de las plantas en los diferentes tratamientos.

#### 3.9. Datos evaluados

Para estimar los efectos de los tratamientos, se tomaron los siguientes datos dentro del área experimental:

#### 3.9.1. Altura de planta

Se tomó a la cosecha, es la distancia desde el nivel del suelo al ápice de la espiga más sobresaliente, en cinco plantas tomadas al azar, se expresó en cm.

#### 3.9.2. Número de macollos

A la cosecha, dentro del área útil de cada parcela experimental, se lanzó un cuadro con área de m², donde se contabilizó el número de macollos.

#### 3.9.3. Número de panículas

En el mismo metro cuadrado en que se evaluaron los macollos al momento de la cosecha, se procedió a contar el número de panículas en cada parcela experimental.

#### 3.9.4. Longitud de las panículas

Se tomó al azar 10 panículas en cada unidad experimental y se midió la longitud desde la base al ápice de la panícula, excluyendo las aristas, luego se obtuvo su promedio en cm.

#### 3.9.5 Granos por panículas

Se tomaron panículas al azar por parcela experimental y se contabilizaron los granos, sus resultados se expresaron en gramos.

#### 3.9.6. Peso de 1000 granos

Se tomaron 1000 granos, libres de daños de insectos y enfermedades por cada parcela experimental, luego se procedió a pesar en una balanza de precisión cuyos pesos se expresaron en gramos.

#### 3.9.7. Rendimiento

Estuvo determinado por el peso de los granos provenientes del área útil de cada parcela experimental. El peso se ajustó al 14 % de humedad y se transformó a kilogramos por hectárea. Para uniformizar los pesos se emplearon la fórmula siguiente:

$$Pu = \frac{Pa (100 - ha)}{(100 - hd)}$$

Dónde:

Pu= peso uniformizada

Pa= peso actual

Ha= humedad actual

Hd=humedad deseada

#### 2.9.8. Productividad Parcial de nutrientes

Estará basado en la cantidad de nutrientes (nitrógeno) necesarios para producir una tonelada de producto final (Snyder y Bruulsema, 2007). Se estima con la ecuación:

$$PPF = \frac{R}{D}$$

Dónde:

PPF = Productividad parcial del factor

R= Rendimiento de la porción cosechada del cultivo con el nutriente

D= Cantidad de nutriente aplicado

#### 3.9.9. Análisis económico

Para este análisis se consideró la ganancia neta que genera el cultivo, relacionando los gastos generados con el ingreso logrado por la venta del producto final que es el grano de arroz.

#### IV. RESULTADOS

#### 4.1. Altura de planta

La variable altura de planta muestra sus promedios en el cuadro 2. El análisis de varianza no detectó altas diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 4,06%.

El tratamiento T3 con una dosis de 138-90-12-0-2-0 (N-P-K-Mg-S-B-Zn), obtuvo mayor altura de planta (122,86 cm) estadísticamente igual al resto de tratamientos, a excepción del tratamiento T7 (Testigo) con 77,19 cm.

#### 4.2. Número de macollos/m<sup>2</sup>

En lo que respecta a la variable número de macollos/m², el análisis de varianza detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 7,85 % (Cuadro 2).

El tratamiento T5 con una dosis de 138-0-90-0-0-0 (N-P-K-Mg-S-B-Zn), presentó mayor número de macollos/m² con 210.26; estadísticamente diferente al resto de tratamientos que se aplicaron y superior estadísticamente al tratamiento T7 (Testigo), con 93.86 macollos/m².

Cuadro 2. Altura de planta y número de macollos en el cultivo de arroz. Pimocha 2019.

Tratamientos	Dosis	Altura cm	Macollos m <sup>2</sup>	
T1	Programa 1	110,12	а	185,59 ab
T2	Programa 2	110,46	а	174,59 ab
Т3	Programa 3	122,86	а	204,9 ab
T4	Programa 4	120,85	а	167,89 b
T5	Programa 5	117,83	а	210,26 a
T6	Programa INIAP	116,83	а	204,9 ab
T7	Testigo Agricultor	77,19	b	93,86 c
Promedio		110,10		177,4
CV (%)		4,06		7,85
Significancia		**		**

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

<sup>\*\*=</sup> altamente significativo

# 4.3. Número de panículas/m²

El análisis de varianza reflejó diferencias altamente significativas y el coeficiente de variación fue 5,3 %, según registro del Cuadro 3.

La variedad de arroz SFL -11 mostró mayor número de panículas/m<sup>2</sup> cuando se utilizó el tratamiento T1 con dosis de 60 % 138-46-90-12-12-2-2 (N-P-K-Mg-S-B-Zn), con 332,72 panículas, estadísticamente diferente al resto de tratamientos y superior al tratamiento T7 (Testigo), con 199,46 panículas/m<sup>2</sup>.

#### 4.4. Longitud de panículas

En el Cuadro 3 se observan los resultados de la variable longitud de panículas, el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas y el coeficiente de variación fue 14,17%.

El tratamiento 2 con dosis de 138-46-90-0-12-0-2 (N-P-K-Mg-S-B-Zn) reportó 18,76 cm de longitud de panícula, estadísticamente diferente al resto de tratamientos, y superior al tratamiento T3 con dosis de 138-0-90-12-0-2-0 (N-P-K-Mg-S-B-Zn), con 9,97 cm.

Cuadro 3. Número de panículas y longitud de panículas en el cultivo de arroz. Pimocha, 2019.

Tratamientos	Dosis	Panícula	Longitud
	<b>D</b> 0313	m <sup>2</sup>	cm
T1	Programa 1	332,72 a	15,69 abc
T2	Programa 2	312,61 ab	18,76 a
Т3	Programa 3	261,48 c	9,97 c
T4	Programa 4	281,43 bc	11,56 bc
T5	Programa 5	275,73 bc	16,19 abc
T6	Programa INIAP	295,84 abc	15,92 abc
T7	Testigo Agricultor	199,46 d	12,67 bc
Promedio		279,90	14,4
CV (%)		5,3	14,17
Tukey (5%)		**	**

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

<sup>\*\*=</sup> altamente significativo

#### 4.5. Granos por panículas

En la variable granos por panículas el análisis de varianza detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 2,66 %.

El tratamiento 2, con dosis de 138-46-90-0-12-0-2 (N-P-K-Mg-S-B-Zn) obtuvo el mayor valor con 123,03 granos, estadísticamente diferente a los tratamientos y superior numéricamente al tratamiento T7 (Testigo), con 92,52 granos (Cuadro 4).

#### 4.6. Peso de 1000 granos

El peso de 1000 granos presenta sus resultados en el Cuadro 4. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas y el coeficiente de variación fue 4,66 %.

El tratamiento 1 con una dosis de 138-46-90-12-12-2-2 (N-P-K-Mg-S-B-Zn), superó los promedios con 15,30 g, estadísticamente diferente a todos los tratamientos, y superior numéricamente al tratamiento T7 (Testigo), con 9,94 g

Cuadro 4. Granos por panículas y peso de 1000 granos en el cultivo de arroz. Pimocha 2019.

			Peso
Tratamientos	Dosis	Granos/panícula	G
T1	Programa 1	120,02 ab	15,30 a
T2	Programa 2	123,03 a	15,02 abc
Т3	Programa 3	113,64 b	11,25 de
T4	Programa 4	114,32 b	12,92 cde
T5	Programa 5	117,00 ab	11,31 de
T6	Programa INIAP	119,01 ab	13,36 bc
T7	Testigo Agricultor	92,52 c	9,94 e
Promedio		114.20	12.73
CV (%)		2.66	4.66
Tukey (5%)		**	**

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %.

<sup>\*\*=</sup> altamente significativo

#### 4.7. Rendimiento

En la variable rendimiento el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas y el coeficiente de variación fue 2,1 % (Cuadro 5).

El tratamiento 1, con dosis 138-46-90-12-12-2-2 (N-P-K-Mg-S-B-Zn), obtuvo mayor peso con 6 602,47 Kg, estadísticamente diferente a todos los tratamientos y superior numéricamente al tratamiento T7 (Testigo), con 4 160,49 Kg.

#### 4.8. Productividad Parcial de nutrientes

En la variable productividad parcial de nutrientes el análisis de varianza no detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 21,87 % (Cuadro 5).

El tratamiento 1, con dosis de 138-46-90-12-12-2-2 (N-P-K-Mg-S-B-Zn), obtuvo el mayor valor con 47,84 y el menor resultado lo presento el T5 con un valor de 30,76.

Cuadro 5. Rendimiento y productividad parcial de nutrientes en el cultivo de arroz. Pimocha 2019.

Tratamientos	Dosis	Rendimiento/ha Kg	Productividad parcial de nutrientes		
T1	Programa 1	6602,47	а	47,84	а
T2	Programa 2	5443,04	b	39,44	b
Т3	Programa 3	4971,09	f	36,02	b
T4	Programa 4	4698,24	d	34,05	b
T5	Programa 5	4244,42	е	30,76	b
Т6	Programa INIAP	4481,14	С	32,47	b
T7	Testigo Agricultor	4160,49	g	45,22	а
Promedio		4871,55		17,41	
CV (%)		2,1		21,87	
Tukey (5%)		**		**	

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según Tukey 95 %. Ns= no significativo \*\*= altamente significativo

#### 4.9. Análisis económico

En el Cuadro 6 se observan el análisis económico. El costo fijo generado para producir una hectárea de arroz es de \$ 700, dando como mayor beneficio neto cuando se utilizó el tratamiento 1, con dosis de 138-46-90-12-12-2-2 (N-P-K-Mg-S-B-Zn) con \$1092,89.

Cuadro 6. Análisis económico/ha cultivo de arroz. Pimocha 2019.

				Volor do		Costos variab	les de producció	n	
Tratamientos	Programas	Rend.	Rend.	Valor de producción (USD)	Costos	Vai	riables		Beneficio neto (USD)
		kg/ha	sacas/ha		Fijos	Fertilizantes	Cosecha + Transporte	Total	
T1	Programa 1	6602,47	69,48	2223,46	\$700,00	\$268,79	\$161,78	\$1130,57	1092,89
T2	Programa 2	5443,04	57,28	1833,01	\$700,00	\$248,79	\$146,62	\$1095,41	737,60
Т3	Programa 3	4971,09	52,31	1674,07	\$700,00	\$200,79	\$98,05	\$998,84	675,23
T4	Programa 4	4698,24	49,44	1582,19	\$700,00	\$248,79	\$122,04	\$1070,83	511,36
T5	Programa 5	4244,42	44,67	1429,36	\$700,00	\$200,79	\$107,07	\$1007,86	421,50
T6	Programa INIAP	4481,14	47,16	1509,08	\$700,00	\$224,79	\$137,98	\$1062,77	446,31
T7	Testigo Agricultor	4160,49	43,78	1401,09	\$700,00	\$153,19	\$77,90	\$931,09	470,00

Costo de cosecha + transporte (kg)	\$0,033	Jornal = \$ 12.00
Saca de arroz en cascara 100 kg	\$32	Costo Saca de 200 lb= \$ 32
Costo DAP (kg)	\$24	Cosecha + transporte = \$ 3,50
Costo MOP (kg)	\$18	
Costo UREA (kg)	\$22	

#### **V.CONCLUSIONES**

Por los resultados obtenidos en el trabajo experimental, se puede concluir lo siguiente:

- Los programas de fertilización aplicados en los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6 mostraron diferencias estadísticas altamente significativas en la altura con respecto al T7 (testigo) sembrado con un plan de fertilización básica.
- 2. El tratamiento T5 con una dosis de 138-0-90-0-0-0 (N-P-K-Mg-S-B-Zn), presentó mayor número de macollos/m² con 210,26 y superior estadísticamente al tratamiento T7 (Testigo), con 93,86 macollos/m².
- En el peso de 1000 granos el tratamiento 1 con una dosis de 138-46-90-12-12-2-2 (N-P-K-Mg-S-B-Zn), mayor al resto de tratamientos con 15.30 g y superior numéricamente al tratamiento T7 (Testigo), con 9,94 g.
- 4. El mejor rendimiento que tuvimos fue el T1 a una dosis 138-46-90-12-12-2-2 (N-P-K-Mg-S-B-Zn), donde alcanzamos 6602,47 kg/ha, a diferencia de nuestro valor más bajo con el tratamiento T7 (Testigo), con 4160,49 Kg.
- Con respecto al análisis económico, el costo fijo generado para producir una hectárea de arroz en este sector es de \$ 700, el mayor beneficio lo obtuvo el tratamiento 1, con dosis de 138-46-90-12-12-2-2 (N-P-K-Mg-S-B-Zn) con \$1130,57

### **VI. RECOMENDACIONES**

Por lo expuesto se recomienda:

- Evaluar estos programas de fertilización en otras zonas del país y brindar asesoramientos a los productores para dar seguimiento a los parámetros productivos del cultivo de arroz.
- Realizar investigaciones con otros materiales genéticos de arroz que se desarrollan bien en la zona.
- Incorporar los programas de fertilización determinados en este estudio, en los planes de fertilización para cada variedad y sistema de siembra.

#### VII. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en los terrenos de propiedad del Sr. Miguel Bohórquez, ubicada en la Provincia de Los Ríos, en el Km. 6,5 de la vía Baba -con coordenadas geográficas UTM: X 9834140 - Y 666880. Esta zona posee un clima tropical húmedo, con una temperatura promedio anual de 25,9 0C, una precipitación anual de 2656 mm, humedad relativa de 76 %, evaporación de 1128 mm, heliofanía de 3,5 horas de luz diaria y una altura de 8 m.s.n.m. Como material de siembra se utilizaron la variedad de arroz INDIA SFL -11. Los tratamientos estuvieron constituidos por 6 programas de fertilización de N-P-K-Mg-S-B-Zn; más un tratamiento testigo con aplicación de fertilización base. Se empleó el diseño experimental Bloques Completos al Azar con siete tratamientos y 3 repeticiones, la prueba de significancia utilizada fue de Tukey al 95 % de probabilidad. Se realizaron todas las labores agrícolas necesarias en el cultivo de arroz para su normal desarrollo como preparación de suelo, siembra, riego, fertilización, control de malezas, control fitosanitario y cosecha. Para estimar los efectos de los tratamientos, se tomaron los siguientes datos: altura de planta, número de macollos, número de panículas, longitud de las panículas, granos por panículas, peso de 1000 granos, rendimiento, productividad parcial de nutrientes, análisis económico. Por los resultados obtenidos se determinó que los programas de fertilización con los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6 fueron altamente significativas en la altura con respecto al T7 (testigo). El tratamiento T5 con una dosis de 138-0-90-0-0-0 (N-P-K-Mg-S-B-Zn), presentó mayor número de macollos/m2 con 210.26, superior estadísticamente al tratamiento T7 (Testigo), con 93.86 macollos/m2. En el peso de 1000 granos, el tratamiento 1 con una dosis de 138-46-90-12-12-2-2, fue mayor al resto de tratamientos con 15.30 g y superior numéricamente al tratamiento T7 (Testigo), con 9.94 g. El mejor rendimiento que obtuvimos fue el T1 a una dosis 138-46-90-12-12-2-2, donde se alcanzó 4902.47 kg/ha, a diferencia del tratamiento T7 (Testigo), con 2360.49 Kg. Con respecto al análisis económico, el costo fijo generado para producir una hectárea de arroz en este sector es de \$ 700, el mayor beneficio lo obtuvo el tratamiento 1, con dosis de 138-46-90-12-12-2-2 con \$458.22.

Palabras claves: programas de fertilización, rendimientos, eficiencia.

### **VIII. SUMMARY**

The present research work was carried out on the land owned by Mr. Miguel Bohórquez, located in the Province of Los Ríos, at Km. 6.5 of the Baba - Campo Alegre highway, with geographic coordinates UTM: X 9834140 - Y 666880. This area has a humid tropical climate, with an average annual temperature of 25.9 ° C, an annual rainfall of 2656 mm, relative humidity of 76%, evaporation of 1128 mm, heliophany of 3.5 hours of daylight and a height of 8 masl The rice variety INDIA SFL -11 was used as the sowing material. The treatments consisted of 6 fertilization programs of N-P-K-Mg-S-B-Zn; plus a control treatment with application of base fertilization. We used the experimental design Random Complete Blocks with seven treatments and 3 repetitions, the test of significance used was Tukey at 95% probability. All the necessary agricultural work was done in rice cultivation for its normal development as soil preparation, sowing, irrigation, fertilization, weed control, phytosanitary control and harvesting. To estimate the effects of the treatments, the following data were taken: plant height, number of tillers, number of panicles, length of panicles, grains per panicles, weight of 1000 grains, yield, partial productivity of nutrients, economic analysis. Based on the results obtained, it was determined that fertilization programs with treatments T1, T2, T3, T4, T5 and T6 were highly significant in height with respect to T7 (control). The treatment T5 with a dose of 138-0-90-0-0-0 (NPK-Mg-SB-Zn), presented higher number of tillers / m2 with 210.26, statistically superior to the T7 treatment (Control), with 93.86 tillers / m2. In the weight of 1000 grains, treatment 1 with a dose of 138-46-90-12-12-2-2, was greater than the rest of treatments with 15.30 g and numerically superior to treatment T7 (Control), with 9.94 g. The best performance we obtained was T1 at a dose 138-46-90-12-12-2-2, where 4902.47 kg / ha was reached, unlike the T7 treatment (Control), with 2360.49 Kg. Regarding the analysis economic, the fixed cost generated to produce one hectare of rice in this sector is \$ 700, the greatest benefit was obtained by treatment 1, with a dose of 138-46-90-12-12-2-2 with \$ 458.22.

Key words: fertilization programs, yields, efficiency.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Alfonzo, N., España, M., *et al.*,2012. Eficiencia de uso de nitrógeno en arroz de secano en el suelo. Recuperado el 15 de febrero de 2019, de Fertilización: http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v61n3-4/art04.pdf.
- Andrade, F.E., Hurtado, J.D.2007. Factores ambientales para el desarrollo del cultivo de arroz. Manual del cultivo de arroz. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de investigación Agropecuaria). EC, p.7.
- Andrade, F; Celi R; Hurtado J. 2006 INIAP 15: Nueva Variedad de Arroz de Alto Rendimiento y Calidad de Grano Superior. Yaquachi, EC.
- Barrera, J; Cruz, M; Melgarejo, L. 2010. Nutrición mineral. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 79-106 pp.
- Castro. M. 2017. Rendimiento de arroz en cáscara, primer cuatrimestre 2017. Quito-Ecuador.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 2005. Morfología de la planta de arroz (en línea) Cali. Consultado 20 marzo. 2019. Disponible en http://www.ciat.cgiar.org/riceweb/esp/inicio.htm.
- Comunidad de negocios. 2012. La Nación. Obtenido de La Nación: http://www.lanacion.com.ar/873996-la-biotecnologia-agricola-aporto-al-paisus-20000-millones.
- De La Cruz, J. 2013. Agronomía. Recuperado el 10 de febrero de 2019, de Morfología del Arroz: http://melagro.blogspot.com/2013/03/morfologia-del-arroz.html.
- FAO, (Organización mundial de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). 2003. Guía para las observaciones en el campo. Página Web http://www.agricultura.gov.do/perfiles/arroz. Revisado el 14 de febrero de 2019. Butzer, K. (2012). Collapse, Environment, and Society.

- Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America PNAS, 109(10), 3632 3639.
- Gierth, M; Mäser, P. 2007. Potassium transporters in plants–Involvement in K+ acquisition, redistribution and homeostasis. Federation of European Biochemical Societies. FEBS Letters. Heidelberg, Germany. No 581, 2348-2356 pp.
- Gonzales Huiman, F. (2016). Morfología, taxonomía y fisiología del arroz. Recuperado el 18 de febrero de 2019, de Arroz: http://dat1960.blogspot.com/2016/07/morfologia-taxonomia-y-fisiologia-de-la.html.
- INIAP. (2018). El cultivo de arroz. Disponible en http://www.iniap.gob.ec/web/programa-1/
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (INIAP). 2007.

  Manual de cultivo de arroz No. 66. 2 ed. Estación Experimental Boliche.

  EC. p. 161.
- Instituto Nacional de Preinversión. (2015). Atlas bioenergético de la República del Ecuador. Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad. Primera Edición. Quito. 156p.
- Kovacik, J; Klejdus, B; Backor, M; Repcak, M. 2007. Phenylalanine ammonialyase activity and phenolic compounds accumulation in nitrogen-deficient Matricaria chamomilla leaf rosettes. Plant Science. Oxford, United Kingdom. No 172, 393-399 pp.
- MDRyT (ministerio de desarrollo rural y tierras).2011. Cultivo de arroz. Recomendaciones técnicas básicas para su producción. La Paz Bolivia. 20p.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGAP). (2012). Zonificación Agroecológica del cultivo de arroz, en el Ecuador a escala 1:25 000. 14p.

- Moreno, B.; Salvador, S. (2015). Rendimientos del arroz en el ecuador segundo cuatrimestre del 2014 (Julio octubre). Disponible en http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios\_agroeconomicos/rendimiento arroz 2do cuatrimestre 2014.pdf
- Olmos, S. 2006. Apunte de morfología, fenología, eco fisiología, y mejoramiento genético del arroz, Cátedra de cultivos II, Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Corrientes 2006 Argentina. 9-11p.
- Poveda Burgos, G., & Andrade, C. (2018). Producción Sostenible de Arroz.

  Recuperado el 15 de marzo del 2019, de Eumed.net:

  https://www.eumed.net/rev/cccss/2018/03/produccion-arroz-ecuador.html.
- Quirós Herrera, R., & Ramírez Martínez, C. (2006). Evaluación de fertilización nitrogenada en arroz. Recuperado el 07 de marzo de 2019, de Introducción: https://www.redalyc.org/pdf/437/43717205.pdf.
- Ramírez, D., Dias, L., Zaczuk, P., Piler, C., Ramírez, J. (2013). Calidad del arroz de tierras altas en función del tiempo de cocción y del cultivar de arroz. Scientia Agraria, vol. 11, núm. 2, pp. 163-173 Universidad Federal do Paraná Paraná, Brasil
- Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG). (2003). Manual Técnico para el Cultivo de Arroz. Recuperado el 25 de febrero de 2019, de Fisiología del Arroz: https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf.
- Sepúlveda, Y., Claudia, M., & al., e. (2014). Caracterización de los síntomas visuales de deficiencias nutricionales en plántulas. Recuperado el 18 de febrero de 2019, de MAG: http://www.mag.go.cr/rev\_agr/v38n01\_161.pdf.
- Snyder, J. Bruulsema, M. (2007). Nuttrient use efficiency and effectiveness in North America: Indices of agronomic and environmental benefit. IPNI.
- Tisdale, S.L. y Nelson W.L. 1987. Fertilidad de suelos y fertilizantes. Montaner y Simón S.A. Barcelona. ES. 739 p.

- UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas para el Comercio y Desarrollo). 2000. Información de Mercado sobre productos básicos; Descripción del arroz. (en línea). EE.UU. consultado el 05 Dic 2018. Disponible en http://www.unctad.org.
- Xiang-Wen, p; Wen-Bin, I; Qiu-Ying, z; Yan-Hua, I; Ming-Shan, L. 2008.

  Assessment on Phosphorus Efficiency Characteristics of Soybean Genotypes in Phosphorus-Deficient Soils. Agricultural Sciences in China. Beijing, China. N°7, 958-969 pp.

# **APÉNDICE**

# 9.1. Análisis de Varianza

Apéndice 1. Análisis de varianza altura de planta

Alt. Planta (cm)				
Variable	N	R²	R² Aj	CV
Alt. Planta (cm)	21.00	0.95	4.06	
Cuadro de Análisis de	la Varianza (SC tipo	I)		
F.V.	SC	gl	F	p-valo
Modelo	4422.93	8	27.27	<0.000
Trat	4388.43	6	36.07	<0.000
Rep	34.51	2	0.85	0.451
Error	243.30	12		
Total	4666.23	20		
Test:Tukey Alfa=0.	05 DMS=12.86736			
Error: 20.2750 gl:	12			
Trat	Medias	n		
1	110.12	3	Α	
2	110.46	3	Α	
3	122.86	3	Α	
4	120.85	3	Α	
5	117.83	3	Α	
6	116.83	3	Α	
7	77.19	3		В
Medias con una letra c	omún no son signifi	cativamente d	iferentes (p > 0.0	95)
Test:Tukey Alfa=0	.05 DMS=6.42111			
Error: 20.2750 gl:				
Rep	Medias	n		
1	111.99	7	Α	
2	111.56	7	Α	
3	109.08	7	Α	

# Apéndice 2. Análisis de varianza macollos

Nº de macollos (m2)	Ν°	de	maco	llos (	(m2)
---------------------	----	----	------	--------	------

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Nº de macollos (m2)	21	0.93	0.88	7.85
Cuadro de Anális	is de la Varianza (S	C tipo I)		
F.V.	SC	gl	СМ	F
Modelo	29829.86	8	3728.73	19.23
Trat	29207.11	6	4867.85	25.1
Rep	622.75	2	311.37	1.61
Error	2327.2	12	193.93	
Total	32157.06	20		
Test:Tukev A	lfa=0.05 DMS=39.79	563		
Error: 193.9335 gl				
Trat	Medias	n	E.E.	
1	185.59	3	8.04	Α
2	174.59	3	8.04	Α
3	204.9	3	8.04	Α
4	167.89	3	8.04	
5	210.26	3	8.04	Α
6	204.9	3	8.04	Α
7	93.86	3	8.04	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=19.85894

Error: 193.9335 gl: 12

Rep	Medias	n	E.E.	
3	182.52	7	5.26	Α
1	179.88	7	5.26	Α
2	169.88	7	5.26	Α

Apéndice 3. Análisis de				
varianza panículas				
Panícula/metro cuadrado				
Variable	N	R²	R² Aj	CV
Panicula/metro cuadrado	21	0.93	0.88	5.3
Cuadro de Análisis o	de la Varianza (SC	tipo I)		
F.V.	SC	gl	CM	F
Modelo	33064.73	8	4133.09	18.79
Trat	32827.8	6	5471.3	24.88
Rep	236.93	2	118.46	0.54
Error	2638.92	12	219.91	
Total	35703.64	20		
Test:Tukey Alfa	=0.05 DMS=42.377	11		
Error: 219.9099 gl: 1	2			
Trat	Medias	n	E.E.	
1	332.72	3	8.56	Α
2	312.61	3	8.56	Α
3	261.48	3	8.56	
4	281.43	3	8.56	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

275.73

295.84

199.46

3

3

3

8.56

8.56

8.56

Α

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=21.14716

Error: 219.9099 gl: 12

5

6

7

Rep	Medias	n	E.E.	
3	284.47	7	5.6	Α
2	278.72	7	5.6	Α
1	276.5	7	5.6	Α

Apéndice 4. Análisis de varianza long	jitud
de panículas	-

Long	de	panícula
Long.	uc	parnoula

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Long. de panícula	21	0.78	0.63	14.17

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F
Modelo	173.58	8	21.7	5.21
Trat	170.41	6	28.4	6.82
Rep	3.17	2	1.58	0.38
Error	49.96	12	4.16	
Total	223.54	20		

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.83076

Error: 4.1632 gl: 12

Trat	Medias	n	E.E.	
1	15.69	3	1.18	Α
2	18.76	3	1.18	Α
3	9.97	3	1.18	
4	11.56	3	1.18	
5	16.19	3	1.18	Α
6	15.92	3	1.18	Α
7	12.67	3	1.18	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.90968

Error: 4.1632 gl: 12

Rep	Medias	n	E.E.	
3	14.89	7	0.77	Α
1	14.37	7	0.77	Α
2	13.94	7	0.77	Α

Apéndice 5. Granos Panícula					
Granos por panícula					
Variable		N	R²	R² Aj	CV
Granos por panícula		21	0.95	0.91	2.66
Cuadro de	Análisis de	e la Varianza (SC	tipo I)		
F.V.		SC	. , gl	СМ	F
Modelo		1917.78	8	239.72	26.03
Trat		1838.84	6	306.47	33.27
Rep		78.95	2	39.47	4.29
Error		110.53	12	9.21	
Total		2028.32	20		
		0.05 DMS=8.672	82		
Error: 9.21	09 gl: 12				
Trat		Medias	n	E.E.	
1		120.02	3	1.75	Α
2		123.03	3	1.75	Α
3		113.64	3	1.75	
4		114.32	3	1.75	
5		117.00	3	1.75	Α
6		119.01	3	1.75	Α
7		92.52	3	1.75	١.٥٢)
Medias con una letra	comun no	son significativ	amente direi	rentes (p > t	).05)
Test:Tu	ıkey Alfa=0	0.05 DMS=4.3279	94		
Error: 9.2109 gl: 12					
Rep	Medias	n	E.E.		
1	116.66	7	1.15		Α
3	114.08	7	1.15		Α
2	111.92	7	1.15		
Medias con una letra	común no	son significativ	amente dife	rentes (p > 0	).05)

varianza peso granos Peso de 1000 granos				
Variable	N	R²	R² Aj	CV
Peso de 1000 granos	21	0.95	0.91	4.66
Cuadro de Análisis	de la Varianza (S	SC tipo I)		
F.V.	SC	gl	CM	F
Modelo	73.15	8	9.14	25.96
Trat	72.82	6	12.14	34.46
Rep	0.32	2	0.16	0.46
Error	4.23	12	0.35	
Total	77.37	20		
Test:Tukey Alfa Error: 0.3522 gl: 12	a=0.05 DMS=1.69 2	588		
Trat	Medias	n	E.E.	
1	15.3	3	0.34	Α
2	15.02	3	0.34	Α
3	11.25	3	0.34	
4	12.92	3	0.34	
5	11.31	3	0.34	
6	13.36	3	0.34	
7	9.94	3	0.34	
Medias con una letra común i	no son significat	ivamente dife	erentes (p >	0.05)
Test:Tukey Al	fa=0.05 DMS=0.8	4629		
Error: 0.3522 gl: 12				
Rep Med	dias	n	E.E.	
<b>2</b> 12.	.83	7	0.22	Α

12.79

12.55

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

7

7

0.22

0.22

3

1

Α

Α

Apéndice 7. Análisis d varianza rendimiento	IC				
Rendimiento /ha /kg					
Variable	N		R²	R² Aj	С
Rendimiento/ha (kg)	21		1	0.99	2.
Cuadro de Ar	aálisis de l	a Varianza (SC tip	o I)		
F.V.		SC	gl	CM	F
Modelo		14479360.76	8	1809920.09	302
Trat		14283944.67	6	2380657.45	397
Rep		195416.09	2	97708.04	16.
Error		71831.57	12	5985.96	
Total		14551192.33	20		
Test:Tuke	y Alfa=0.0	5 DMS=221.09352			
Error: 5985.9	9642 gl: 12	2			
Trat		Medias	n	E.E.	
1		4902.47	3	44.67	А
2		4443.04	3	44.67	
3		2971.09	3	44.67	
4		3698.24	3	44.67	
5		3244.42	3	44.67	
6		4181.14	3	44.67	
7		2360.49	3	44.67	
Medias con una letra com	nún no sor	n significativament	te difere	ntes (p > 0.05)	
Test:Tuke	y Alfa=0.0	5 DMS=110.33077			
Error: 5985.9642 g	jl: 12				
Rep N	1edias	n		E.E.	
	318.02	7	2	29.24	Α
2 30	649.01	7	2	29.24	Α
<b>3</b> 3	590.5	7	9	29.24	Α

Apéndice 8. Análisis de varianza productividad				
Variable	N	R²	R² Aj	CV
Productividad parcial de n	21	0.5 9	0.31	21.87
Cuadro de Análisis de	la Varianza (SC	tipo I)		
F.V.	SC	gl	CM	F
Modelo	246.34	8	30.79	2.12
Trat	216.12	6	36.02	2.48
Rep	30.22	2	15.11	1.04
Error	174.01	12	14.5	
Total	420.35	20		
Test:Tukey Alfa=0	0.05 DMS=10.882	02		
Error: 14.5011 gl: 1	2			
Trat	Medias	n	E.E.	
1	19.5	3	2.2	Α
2	20.87	3	2.2	Α
3	12.55	3	2.2	Α
4	16.44	3	2.2	Α
5	12.97	3	2.2	Α
6	20.05	3	2.2	Α
7	19.51	3	2.2	Α

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.43038 Error: 14.5011 gl: 12

Rep	Medias	n E. E.	
1	18.94	<del></del> -	Α
3	17.3		Α
2	16.01		Α

# Imágenes del ensayo



Fig 1. Establecimiento de los tratamientos



Fig 2. Aplicación de insecticidas



Fig 3. Mezcla de fertilizantes



Fig 4. Toma de datos

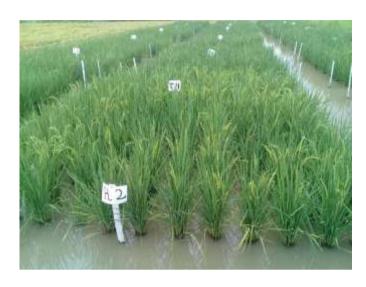


Fig 5. Distribución de tratamientos



Fig 6. Aplicación de fertilizantes



Fig 7. Visita de docente técnico



Fig 8. Evaluación de datos