



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Evaluación del método por nutriente faltante con los elementos
Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)”

AUTOR:

Héctor Jessón Quintana Arboleda

TUTOR:

Ing. Agr. Marlon López Izurieta, 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 para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Evaluación del método por nutriente faltante con los elementos
Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)”

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Agr. Oscar Mora Castro, MBA.

PRESIDENTE

Ing. Agr. Yary Ruiz Parrales, MSc.

VOCAL

Ing. Agr. Simon Farah Asang, MSc.

VOCAL

La responsabilidad por la investigación, análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones presentadas y sustentadas en este Trabajo Experimental son de exclusividad del autor.



Héctor Jessón Quintana Arboleda

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a DIOS principalmente gracias a el he logrado concluir mi carrera.

A mis Padres Héctor Salomón Quintana Ruiz y Bella Antonieta Arboleda Quinto, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo en el transcurso de mi vida Profesional me supieron inculcar valores y confianza en mi persona y en mis deseos de superación.

A mis hermanos por brindarme el tiempo y apoyo necesario, que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

A mi Novia Daniela Mendoza, que durante estos años de carrera ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar, gracias a su amor incondicional y por su ayuda realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS, por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad, sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que tengo.

Docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, por sus enseñanzas, conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional gracias a cada uno de ustedes.

De manera especial al Ing. Agr. Marlon López Izurieta, MSc. Coordinador de Titulación y Tutor de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento del mismo.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. General.....	2
1.1.2. Específicos	2
II. MARCO TEÓRICO	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1. Ubicación y descripción de sitio experimental.....	12
3.2. Características del suelo	12
3.3. Material genético	12
3.4. Factores estudiados	12
3.5. Métodos.....	13
3.6. Tratamientos.....	13
3.7. Diseño experimental	13
3.8. Análisis de varianza.....	14
3.8.1. Características del área experimental	14
3.9. Manejo del ensayo.....	14
3.9.1. Preparación del terreno.....	14
3.9.2. Siembra.....	15
3.9.3. Fertilización	15
3.9.4. Riego	15
3.9.5. Control de malezas	15
3.9.6. Control de insectos- plagas y enfermedades.....	15
3.9.7. Cosecha.....	16
3.10. Datos evaluados	16
3.10.2. Altura de planta	16
3.10.3. Número de macollos/m ²	17
3.10.4. Número de panículas/m ²	17
3.10.5. Relación grano – paja	17
3.10.6. Longitud de panícula	17
3.10.7. Porcentaje de granos vanos.....	17
3.10.8. Rendimiento por hectárea	17
3.10.9. Análisis económico	18
3.10.10. Eficiencia agronómica de la aplicación de fertilizantes	18

IV. RESULTADOS	19
4.1. Absorción de nutrientes	19
4.2. Altura de planta	21
4.3. Número de macollos/m ²	22
4.4. Número de panículas/m ²	23
4.5. Longitud de panícula	24
4.6. Relación grano – paja.....	25
4.7. Porcentaje de granos llenos y vanos	26
4.8. Rendimiento por hectárea.....	27
4.9. Análisis económico	28
4.10. Eficiencia agronómica de la aplicación de fertilizantes.....	30
V. CONCLUSIONES	32
VI. RECOMENDACIONES	33
VII. RESUMEN.....	34
VIII. SUMMARY	35
IX. BIBLIOGRAFIA.....	36
APÉNDICE	39
Cuadros de resultados, análisis de varianza y prueba estadística	40
Fotografías	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos a estudiarse en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	13
Cuadro 2. Absorción de nutrientes, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	20
Cuadro 3. Altura de planta, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	21
Cuadro 4. Macollos/m ² , en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	22
Cuadro 5. Panículas/m ² , en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	23
Cuadro 6. Longitud de panícula, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	24
Cuadro 7. Relación grano-paja, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	25
Cuadro 8. Porcentaje de granos llenos y vanos, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	26
Cuadro 9. Rendimiento en kg/ha, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	27
Cuadro 10. Costos fijos/ha, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	28
Cuadro 11. Análisis económico/ha, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	29
Cuadro 12. Consolidación de resultados, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	31
Cuadro 13. Altura de planta, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	40
Cuadro 14. Macollos/m ² , en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	41
Cuadro 15. Panículas/m ² , en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno,	

Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	42
Cuadro 16. Longitud de panícula, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	43
Cuadro 17. Relación grano - paja, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	44
Cuadro 18. Porcentaje de granos llenos, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	45
Cuadro 19. Porcentaje de granos vanos, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	46
Cuadro 20. Rendimiento en kg/ha, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Eficiencia agronómica de la aplicación de fertilizantes, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019.....	30
Fig. 2. Análisis de suelo realizado en la investigación.	48
Fig. 3. Reporte de análisis foliar de nutrientes, macro y microelementos	49
Fig. 4. Reporte de análisis foliar del elemento Boro	50
Fig. 5. Preparación del terreno	51
Fig. 6. Cultivo inundado para su buen desarrollo	51
Fig. 7. Cultivo en desarrollo.....	52
Fig. 8. Visita de los coordinadores de titulación.....	52
Fig. 9. Vista panorámica del cultivo.....	53
Fig. 10. Monitoreo del cultivo por el Ing. Marlon López I.	53
Fig. 11. Visita del Tutor, Ing. Marlon López I.	54
Fig. 12. Lanzando un marco de 1,0 m ²	54
Fig. 13. Evaluando altura de planta.....	55
Fig. 14. Evaluando número de macollos	55
Fig. 15. Cosecha del cultivo	56

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.), se cultiva en los cinco continentes, concentrado generalmente en Asia (China, Tailandia, Indonesia, India y Vietnam); además es uno de los cereales más producidos y consumidos a nivel mundial.

En nuestro país generalmente se consume en la región Litoral, fundamentalmente en las provincias de Guayas y Los Ríos, cuyo amplio rango de distribución depende de los factores climáticos que varían desde trópico húmedo a trópico seco, con temperaturas entre 20 y 30 °C, precipitaciones entre 500 – 2500 mm y humedad relativa alta. Para que el cultivo se desarrolle depende principalmente del agua, que es un recurso influyente, por ello las áreas arroceras se diferencian entre 60 % secano y 40 % riego¹. Se siembran aproximadamente 343 936 ha, de las cuales se cosechan 332 988 ha con una producción de 1 239 269 tm. En la provincia de Los Ríos se siembran aproximadamente 114 545 ha, de las cuales se cosechan 110 386 ha, alcanzando una producción de 359 569 tn.²

El rendimiento del cultivo de arroz es un indicador de competitividad en la producción agrícola. Para lograr que los rendimientos se incrementen es necesario un manejo adecuado del cultivo, principalmente desde la calidad de la semilla hasta la disponibilidad de nutrientes en el suelo. La planta de arroz necesita para su adecuado desarrollo una adecuada disponibilidad de macro y micronutrientes que son suministrados por el suelo, por ello una buena fertilización promoverá un mayor rendimiento.

El Nitrógeno es el componente principal de los aminoácidos, ácidos nucleicos y clorofila, promoviendo el rápido crecimiento de la planta e incrementando el número de macollos, espigas por panículas, porcentaje de espigas llenas y contenido de proteínas en el grano; en consecuencia la falta o deficiencia de este elemento afecta a los parámetros que influyen en el

¹ INIAP. 2018. El cultivo de arroz. Disponible en <http://www.iniap.gob.ec/web/programa-1/>

² Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2017. Disponible en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-agropecuario/>

rendimiento³.

El Potasio es importante para la respiración y traslocación de asimilatos; los efectos principales: la apertura y cierre de estomas, favorecer el macollaje, incrementar el tamaño y peso de los granos y tolerancia a condiciones climáticas desfavorables, plagas y enfermedades, además que fortalece los tallos reduciendo el vuelco⁴.

El Boro en las plantas de arroz ayuda a promover el crecimiento celular y el desarrollo de la panícula, los tallos son más gruesos, aumenta número de macollos y promueve la capacidad para producir semillas viables⁵.

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar la omisión de Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

Evaluar el método por nutriente faltante con los elementos Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz.

1.1.2. Específicos

- Determinar el efecto del Nitrógeno, Potasio y Boro en el rendimiento del arroz.
- Identificar el fertilizante que genere mayor efecto con la producción.
- Analizar económicamente los tratamientos en estudio.

³ Dobermanm, A. y Fairhurst, T. 2015. Manejo del nitrógeno en arroz. Disponible en [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)

⁴ Deambrosi, E., Méndez, R. y Castillo, J. 2015. Elementos a considerar en la inclusión de potasio en la fertilización del arroz. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4767/1/EDeambrosi-potasio-en-la-fertilizacion.pdf>

⁵ Cardoso, A. 2013. Importancia del boro en el cultivo del arroz. Federación Nacional de Arroceros, Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz. Ibagué. Pág. 10.

II. MARCO TEÓRICO

Ramírez *et al.* (2017) difunden que 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, el consumo de arroz corresponde más de la mitad del aporte energético y proteico de esas poblaciones. Dada la gran importancia económica y nutricional del arroz y como mayor productor de este cereal en América Latina y décimo mayor productor mundial, viene dedicándose a la investigación de nuevos cultivares de alta calidad de granos, precoces, resistentes a enfermedades, con elevado potencial productivo y de alta rentabilidad.

Sin embargo, debido a la velocidad con que se está desarrollando estos cultivares aún hay necesidad de estudiar sus características físico-químicas que puedan evaluar con cierta facilidad la calidad del arroz. El principal componente de la calidad del arroz es la textura que es determinada a través de una evaluación sensorial en que muchas veces se necesitan de personas entrenadas para describirlo (Ramírez *et al.*, 2017).

Ruiz *et al.* (2015) informan que el arroz (*Oryza sativa* L.) es el cereal más consumido después del trigo por la población humana a escala mundial, pero tiene mayor importancia porque se cultiva actualmente en 113 países de todos los continentes, salvo en la Antártida y por la cantidad de población que depende de su cosecha; constituye la base nutricional para más de un tercio de la humanidad.

Rodríguez *et al.* (2016) indican que el arroz (*Oryza sativa* L.) constituye actualmente uno de los principales rubros que se cultiva, rendimiento y ampliación de las áreas arroceras. Sin embargo, cabe destacar que a pesar de los logros alcanzados, aún persisten factores bióticos y abióticos limitantes que inciden en el cultivo del arroz, tales como insectos nocivos, patógenos, vertebrados plagas, fertilización nitrogenada, entre otros.

De acuerdo a Menjivar *et al.* (2015), los nutrientes en las plantas se

convierten en los más importantes insumos para el incremento de los rendimientos, es así como el un buen manejo de la nutrición con el fin de incrementar las cantidades de nutrientes en los sistemas de producción, se ha convertido el principal desafío para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. En cualquier cultivo es fundamental la fertilización, esta puede ser orgánica o química, en ambos casos lo importante es obtener buena productividad.

Molina y Cabalceta (2017) manifiestan que el arroz es uno de los cultivos de mayor importancia en la dieta básica, con un consumo anual estimado en más de 52 kg/persona. La necesidad de lograr altos rendimientos sin un incremento desmedido en los costos de producción ha obligado a mantener activa la investigación en las prácticas culturales del cultivo, entre los cuales la fertilización es una de las más importantes.

Pilaloa *et al.* (2017) divulgan que la planta de arroz requiere varios nutrientes esenciales para llegar a un óptimo rendimiento. Estos son los elementos mayores e incluyen nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre, carbono, hidrógeno y oxígeno. Aquellos elementos que son requeridos en menores cantidades pero que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas son conocidos como elementos menores o trazas, e incluyen hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, cloro y silicio.

El nitrógeno es un constituyente de las proteínas las cuales a su vez forman parte del protoplasma, de los cloroplastos y de las enzimas. El potasio también es esencial para activar enzimas tales como la que sintetiza el almidón. La absorción de nutrientes por la planta del arroz es afectada por varios factores que incluyen el suelo y sus propiedades, la cantidad y el tipo de fertilizantes aplicados, la variedad y el método de cultivo. El contenido de nitrógeno, fósforo, azufre y demás elementos en las partes vegetativas es generalmente alto en las primeras etapas del crecimiento vegetativo y declina a medida que se llega a la madurez (Pilaloa *et al.*, 2017).

Villarreal *et al.* (2015) explican que el uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos en la agricultura, sobre todo de la urea, ha tenido efectos perjudiciales en

las propiedades del suelo y su conservación; se ha causado en muchos casos la acidificación de los suelos cultivables y la disminución de la materia orgánica hasta llegar a la pérdida de la capa arable, lo que ha provocado que cientos de áreas antes cultivadas quedaran en total desertificación. Actualmente, son escasos los estudios que existen sobre la utilización de fuentes naturales que ayuden al mejor aprovechamiento y conservación de los nutrientes en el suelo, para un mayor desarrollo de los cultivos agrícolas.

Rodríguez *et al.* (2016) expresan que el uso inapropiado de los recursos, los desequilibrios biológicos y algunas limitantes tienden a producir disminuciones que no permiten que las variedades exhiban su máxima productividad, lo cual implica la realización de numerosos desafíos tanto en el mejoramiento genético como en el agronómico, entre otros. Las prácticas agronómicas conformadas por el suministro adecuado de nitrógeno y la densidad de siembra favorecen el establecimiento de una plantación óptima y homogénea con mínimos daños causados por algunas plagas.

Bueno *et al.* (2015) señalan que para incrementar esta producción se requiere mejorar el manejo en número de plantas, fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica, entre otros factores. El N es esencial para la utilización de los carbohidratos, además de estimular el desarrollo y crecimiento de la planta; el P tiene su efecto más importante en la fotosíntesis, floración, fructificación, formación de semilla, maduración del fruto y desarrollo de raíces; el K es un activador de las enzimas responsables de la síntesis de almidón, reducción de nitratos y degradación de azúcares, también incrementa la resistencia del cultivo a las enfermedades y aumenta el número de frutos.

Para Quirós y Ramírez (2016), la dosis y la época óptima de fertilización nitrogenada para el cultivo de arroz puede variar ampliamente según las condiciones de clima y suelo. Con base en investigaciones y pruebas de campo realizadas hace más de diez años, fueron establecidas las estrategias de fertilización apropiadas para siembras convencionales de arroz empleadas actualmente en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). Su disponibilidad se considera esencial por ser un componente básico en todas las moléculas orgánicas

involucradas en el crecimiento y desarrollo vegetal.

Preciado *et al.* (2014) consideran que la nutrición apropiada a partir de la siembra contribuye, en gran medida, al desarrollo de plántulas vigorosas y es uno de los factores más importantes en la producción de plántulas, en donde el nitrógeno y el potasio son los nutrimentos requeridos en mayor cantidad, especialmente en las etapas tempranas de crecimiento. El estado nutricional de las plántulas en el momento del trasplante influye en el establecimiento y promueve una producción temprana.

Villarreal *et al.* (2015) mencionan que el aumento de la eficiencia del uso del nitrógeno, tiene gran repercusión sobre la producción vegetal y es un factor fundamental para reducir la contaminación del ambiente. La eficiencia de uso de los fertilizantes nitrogenados en el cultivo de arroz, fluctúa entre 20 y 35 %. Gran parte de este se pierde por volatilización del amonio, denitrificación o lixiviación de nitratos; contaminando aguas subterráneas, aguas superficiales y el ambiente.

Elizondo (2016) aclara que el nitrógeno es uno de los elementos más importantes y esenciales para todo ser vivo ya que forma parte de los aminoácidos que componen las proteínas requeridas por todos los organismos de la atmósfera terrestre, es inerte, no tiene efecto sobre la calidad del ambiente y no puede ser utilizado directamente por las plantas.

Quirós y Ramírez (2016) sostienen que al igual que en otros cultivos, el nitrógeno (N) es el principal factor limitante en la producción agrícola como el N puede ser absorbido por las plantas son amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-), principalmente obtenidas de los fertilizantes nitrogenados y la mineralización de los residuos de cosecha y la materia orgánica del suelo. En mayor proporción que en otros cultivos, la productividad del arroz depende de la disponibilidad y eficiencia en la absorción del N, tanto por su contribución directa como por permitir la absorción de otros nutrimentos.

Vargas y Boschini (2015) comentan que el nitrógeno es uno de los elementos que estimula el crecimiento y la calidad de las gramíneas, por lo cual su

adición es un requisito para la expresión de la productividad de éstas. Por otro lado, el fósforo forma parte de la molécula de ATP y por lo tanto es indispensable en todos los procesos metabólicos que involucran el aprovechamiento y acumulación de energía. El potasio es un catión de gran relevancia para las funciones metabólicas y fisiológicas de las plantas cuya deficiencia puede intervenir negativamente en la utilización de otros elementos como el magnesio.

Quirós y Ramírez (2016) afirman que en los campos de arroz existen múltiples factores que ocasionan pérdidas del N y causan baja respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada. Aunque el cultivo es capaz de usar en forma efectiva las fuentes amoniacales, cuando se aplica una dosis más alta de la necesaria o su distribución es inapropiada, ocurren pérdidas especialmente por desnitrificación y volatilización. Cuando se aplica urea sobre la lámina de agua o sobre barro, las pérdidas de N por volatilización pueden ser hasta del 80 %. Por otra parte, si el N se aplica en forma de nitratos, podrían ocurrir pérdidas por lixiviación, y por tal razón no debe utilizarse tales fuentes de N en agroecosistemas inundados.

Elizondo (2016) define que el nitrógeno es el nutriente más ampliamente utilizado en la fertilización agrícola, ya que las formas más disponibles en el suelo son generalmente insuficientes para satisfacer los requerimientos de las cosechas y cultivos. Es además el elemento encontrado en mayores cantidades en el estiércol, el cual durante muchos años ha sido utilizado como una forma para mejorar la fertilidad del suelo y la producción de los cultivos. Esta práctica, junto con la fijación de nitrógeno por parte de las leguminosas, eran los únicos medios de suplir nitrógeno y otros nutrientes al suelo.

En la actualidad, la industria química provee fertilizantes inorgánicos concentrados que son fácilmente distribuidos y utilizados y que pueden suplir la necesidad de cualquier elemento por parte de los cultivos. Esto ha generado una disminución en el uso de fertilizantes orgánicos hasta un punto en el que en algunos lugares del mundo, la aplicación de fertilizantes inorgánicos, se han llegado a convertir en un problema ambiental (Elizondo, 2016).

Fernández (2017) reporta que el fósforo es uno de los diecinueve elementos

considerados como esenciales para la vida de las plantas. Constituye un componente primario de los sistemas responsables de la capacitación, almacenamiento y transferencia de energía, y es componente básico en las estructuras de macromoléculas de interés crucial, tales como ácidos nucleicos y fosfolípidos, por lo que se puede decir que su papel está generalizado en todos los procesos fisiológicos. En el sistema suelo-planta, el 90 % del fósforo está en el suelo y menos del 10 % se encuentra repartido fuera del suelo. Sin embargo, sólo una pequeña parte de ese 90 % es utilizable por los vegetales.

Según Subero *et al.* (2016), la deficiencia de fósforo en las plantas ha sido señalada por años como el segundo problema en importancia después del nitrógeno, en la fertilidad de los suelos, en la América tropical; esta deficiencia es con frecuencia agravada por su fijación en diferentes formas, haciendo que sea menos disponible para las plantas. Los cambios en los métodos de labranza, junto con la incorporación de los residuos de cosecha, alteran los cambios de la materia orgánica en los suelos y, por consiguiente, la disponibilidad del P. La producción de arroz en los suelos se ha caracterizado por ser un monocultivo, con uso de fertilizantes e incorporación de los residuos de cosecha.

Fernández *et al.* (2016) determinan que el fósforo (P), considerado como elemento nutritivo para las plantas, interviene en la formación de nucleoproteínas, ácidos nucleicos y fosfolípidos; los componentes fosfatados desempeñan un rol importante en la transformación de la energía química solar durante la fotosíntesis y provee de esta energía a los procesos de biosíntesis de las plantas. Dada la baja solubilidad del P en los distintos suelos, este elemento se constituye comúnmente en la clave que limita la nutrición de los cultivos en suelos y aguas.

Este elemento se presenta en el suelo en forma orgánica (Po) e inorgánica (Pi). En los ecosistemas naturales los procesos geoquímicos y biológicos regulan la asimilabilidad del P en los suelos. A través del tiempo, los procesos geoquímicos determinan el movimiento y la distribución del P en los dos subciclos del elemento en suelos de la superficie terrestre y en los sedimentos oceánicos (Fernández *et al.*, 2016).

Rodríguez *et al.* (2014) relatan que entre los elementos esenciales para las plantas se encuentra el boro (B), el cual es un micronutriente deficiente comúnmente en las plantaciones forestales, que puede causar la muerte de ramas terminales y provocar crecimiento deficiente. El B juega un papel fundamental en la estructura de la pared celular de las plantas, además de que se comienza a investigar más sobre su función en la membrana celular. Cuando la adición de B es inadecuada, se manifiestan desórdenes severos en el crecimiento de las plantas. Las deficiencias de B se han presentado en plantaciones forestales de más de 80 países, principalmente en sitios con suelos con pH alcalino.

Promix (2017), define que el boro (B) no se necesita en grandes cantidades en las plantas, pero puede causar problemas de crecimiento graves si no se administra en niveles adecuados. El boro se diferencia de otros micronutrientes porque no hay clorosis asociada a su deficiencia, sin embargo, tiene síntomas de toxicidad similares a los de otros micronutrientes.

Smart (2018), reporta que el boro es uno de los siete micronutrientes esenciales para el crecimiento normal de las plantas. En la naturaleza, el boro está usualmente presente en una concentración promedio de 10 ppm. Sin embargo, el rango de las concentraciones de boro en la solución del suelo, en cual las plantas sufren efectos tóxicos o deficiencias, es muy estrecha (0,3-1 ppm).

Intagri (2018), indica que el boro (B) es un micronutriente esencial para las plantas y cuando se encuentra deficiente, diversas funciones y procesos fisiológicos se deterioran en las plantas. Desempeña un papel fundamental en la estabilidad de las paredes y membranas celulares, donde el 90 % del B contenido en la planta se asocia con la pared celular, al formar enlaces con pectinas y polisacáridos.

Promix (2017), explica que la función del boro es que se usa con calcio en la síntesis de las paredes celulares y es esencial para la división celular (creación de células de plantas nuevas). Los requisitos de boro son mucho más altos para el crecimiento reproductivo, por lo que ayuda con la polinización y el desarrollo de

frutas y semillas. Otras funciones incluyen la traslocación de azúcares y carbohidratos, el metabolismo del nitrógeno, la formación de ciertas proteínas, la regulación de niveles de hormonas y el transporte del potasio hacia los estomas (lo que ayuda a regular el equilibrio interno del agua). Como el boro ayuda a transportar azúcares, su deficiencia causa una reducción de exudados y azúcares en las raíces de la planta, lo que puede reducir la atracción y colonización de hongos micorrícicos.

Según Smart (2018), el boro es esencial para el crecimiento normal de las plantas, ya que promueve la división apropiada de las células, la elongación de células, la fuerza de la pared celular, la polinización, floración, producción de las semillas y la traslación de azúcar. El boro es también esencial para el sistema hormonal de las plantas.

Intagri (2018), aclara que el boro participa en el metabolismo de fenoles, protegiendo a las membranas celulares e impidiendo que se acumulen en los tejidos de las plantas, ya que los fenoles son inhibidores de la elongación de raíces. Cabe destacar que las deficiencias de boro en las plantas pueden ocasionar una mayor susceptibilidad al ataque de enfermedades en las raíces, ya que las paredes celulares se hacen más débiles y son rápidamente penetrables por agentes patógenos.

Otro de los procesos en los que interviene el B es la fijación biológica del nitrógeno, donde las leguminosas requieren de este elemento para llevar a cabo esta función, y se ha comprobado que su deficiencia inhibe la fijación del N. Al disminuir la actividad nitrogenasa las plantas se vuelven susceptibles a la radiación solar (Intagri, 2018).

Guaytarilla e Izquierdo (2016), manifiestan que el boro se encuentra en la mayor parte de los suelos en cantidades extremadamente pequeñas, oscilando generalmente desde aproximadamente 20 a 200 partes por millón. El boro no se halla normalmente en cantidades tóxicas en los suelos arables, a menos que haya sido añadido en exceso en los fertilizantes comerciales. La mayor parte del boro disponible en el suelo es suministrado por la fracción orgánica. Cuando se

descompone la materia orgánica se libera el boro, y va una parte a las plantas y otra se pierde por filtración.

Promix (2017), menciona que la deficiencia de boro se expresa en los puntos de crecimiento de las raíces y follaje, y también en estructuras de florecimiento y de fructificación. A menudo, las yemas terminales mueren y los entrenudos del follaje se acortan, lo que da lugar a un crecimiento nuevo, deforme y achatado que emerge de los nudos laterales, lo que provoca una apariencia “roseta” o “tupida”. Los tallos son quebradizos y las hojas nuevas pueden engrosarse. Las raíces son, por lo general, cortas, achatadas y hay muy pocos pelos radicales presentes. El florecimiento y la fructificación son reducidas y lo que se desarrolla es a menudo deforme.

Smart (2018), expresa que los síntomas de la deficiencia de boro incluyen formación inhabitada de yemas florales, brotes secos, entrenudos cortos, deformaciones, baja viabilidad del polen y desarrollo inhabitado de semillas.

Intagri (2018), determina que el boro también tiene importancia en el crecimiento y desarrollo de la raíz, debido a la producción de hormonas que participan en este proceso. El ácido ascórbico reducido nos ayuda a mejorar el crecimiento de raíz, sin embargo, bajo una deficiencia de boro, el metabolismo del ascorbato se ve muy perjudicado, por lo que en tales condiciones el crecimiento sería limitado.

Smart (2018), informa que los síntomas de toxicidad de boro incluyen: Clorosis y necrosis de los puntos de crecimiento que progresa hacia el centro de las hojas, y más tarde hojas que se caen e incluso la muerte de la planta.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción de sitio experimental

El presente trabajo experimental, se realizó en el Recinto "Sabaneta", de propiedad del Sr. Héctor Salomón Quintana Ruiz, ubicados en la vía Clementina - Montalvo, con las coordenadas geográficas de 330705,48 UTM Latitud Sur, 197465,35 Longitud Oeste, con una altura de 8 m.s.m.n.

La zona, tiene un clima tropical, con una temperatura media anual de 25,6 °C, precipitación anual 1 730 mm, humedad relativa de 82 %.⁶

3.2. Características del suelo

El suelo es de origen aluvial, topografía plana, textura franco arcillosa, drenaje y fertilidad regular⁷.

3.3. Material genético

Se empleó la semilla de arroz variedad Iniap FL 1480 "Cristalino", cuyo rendimiento es de 6,03 t/ha, tolerante a hoja blanca, manchado de grano y acame de plantas⁸.

3.4. Factores estudiados

Variable dependiente: Comportamiento agronómico del arroz.

Variable independiente: Dosis de fertilizante de N, P, K.

⁶ Datos tomados de la Estación meteorológica UTB-INAHMI-. 2017

⁷ García, J. 2017. Tesis de grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria del Ecuador.

⁸ INIAP 2018. Disponible en

<http://www.iniap.gob.ec/web/wp-content/uploads/2017/07/Presentaci%C3%B3n-RC-2016.pdf>

3.5. Métodos

Se utilizaron los métodos inductivo - deductivo, deductivo - inductivo y experimental.

3.6. Tratamientos

Los tratamientos que se utilizaron estuvieron constituidos por fertilizantes con las respectivas dosis, tal como se describe a continuación:

Cuadro 1. Tratamientos a estudiarse en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Tratamientos		
Nº	Fertilizantes	Dosis kg/ha
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096
T5	Nitrógeno	133,2
T6	Potasio	157,2
T7	Boro	0,096
T8	Testigo absoluto	0

Se utilizó el requerimiento nutricional para el cultivo de arroz establecido por el IPNI (2014), para un rendimiento de 6 toneladas de granos, se indica a continuación: 133,2 kg/ha N; 157,2 kg/ha K (189,4 kg/ha K₂O); 0,096 kg/ha B (0,309 kg/ha B₂O₃).

3.7. Diseño experimental

En el presente ensayo se utilizó el diseño experimental "Bloques completos al azar", con ocho tratamientos y tres repeticiones.

La diferencia estadística entre las medias de los tratamientos se determinó con la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

3.8. Análisis de varianza

El análisis de varianza se desarrolló bajo el siguiente esquema:

Fuente de variación		Grados de libertad
Tratamiento	:	7
Repetición	:	2
Error experimental	:	14
Total	:	23

3.8.1. Características del área experimental

Descripción		Dimensión
Ancho de parcela	:	4,0 m
Longitud de parcela	:	3,0 m
Área de la parcela	:	12,0 m ²
Área total del experimento	:	528,0 m ²

3.9. Manejo del ensayo

Se efectuaron todas las labores que requiere el cultivo de arroz para su normal desarrollo, tales como:

3.9.1. Preparación del terreno

La preparación del suelo se realizó mediante dos pases de fangueo, para dejar el suelo en condición óptima de siembra. Adicionalmente, se realizó un análisis de suelo, con la finalidad de conocer los nutrientes disponibles, cuya profundidad fue de 25 cm. Las parcelas serán totalmente aisladas entre sí, para evitar el efecto de los otros nutrientes.

3.9.2. Siembra

La siembra se efectuó por trasplante a los 25 días después del inicio del semillero, la separación fue de 0,30 x 0,25 m entre hileras y plantas.

3.9.3. Fertilización

El programa de fertilización se realizó de acuerdo a los tratamientos establecidos para el presente estudio. Las aplicaciones se realizaron de la siguiente manera:

La Urea (46 % N), fraccionado al momento de la siembra (20 %), a los 20 días después de la siembra (dds) (50 %) y a los 40 dds (30 %); el Muriato de Potasio (60 % de K₂O) se aplicó a los 20 dds (50 %) y 40 dds (50 %); el Fertiboro (10 % de B₂O₃) se aplicó a los 20 dds (100 %) al voleo, cuyas dosificaciones se muestran en el Cuadro 1.

3.9.4. Riego

El cultivo se estableció bajo sistema de riego, conforme el requerimiento hídrico del cultivo.

3.9.5. Control de malezas

Se realizó a los diez días después de la siembra en postemergencia temprana. Los productos utilizados fueron Clomit (*Clomazone*), en dosis de 1,0 L/ha y posteriormente a los 38 días después del trasplante Nominee (*Bispiribac sodium*) 400 cc/ha y 2-4 D Amina 0,4 L/ha.

3.9.6. Control de insectos- plagas y enfermedades

Se realizaron monitoreos constantes y de manera preventiva se aplicó Clorpirifos en dosis de 750 cc/ha, a los 10 días después de la siembra.

Para la prevención de enfermedades se utilizó Silvacur Combi

(*Tebuconazole + Tridimenol*) en dosis de 1,0 L/ha a los 30 días después de la siembra.

3.9.7. Cosecha

Se realizó en forma manual, cuando el cultivo alcance la madurez fisiológica en los diferentes tratamientos

3.10. Datos evaluados

Para determinar los resultados se evaluaron los datos siguientes:

3.10.1. Absorción de nutrientes

La evaluación para medir la absorción de nutrimentos se efectuó en las plantas, cuando presentaron un 85 % de floración, tomándolas en cada parcela experimental, de acuerdo a los tratamientos establecidos.

El análisis químico de contenido de elementos se realizó en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (Iniap). Posteriormente los valores de concentración de nutrimentos fueron calculados mediante la siguiente fórmula⁹:

$$kg\ NUT\ por\ tejido\ ha = \frac{PS\ (kg\ ha)\ del\ tejido\ x\ (NUT\ \%)}{100}$$

NUT =nutrimento

PS= peso seco

3.10.2. Altura de planta

Al momento de la cosecha, se midió desde la superficie del suelo hasta el ápice de la panícula más sobresaliente, excluyendo las aristas. Esto se realizó en diez plantas al azar en cada parcela experimental y su resultado se expresó en

⁹ Chavarría, L. 2011. Crecimiento y absorción de nutrimentos en dos cultivares de arroz

centímetros.

3.10.3. Número de macollos/m²

En cada parcela experimental dentro del área útil, se lanzó un marco de madera de un 1,0 m², donde se contabilizaron el número de macollos existentes.

3.10.4. Número de panículas/m²

En cada parcela experimental dentro del área útil, donde se contabilizó el número de macollos se contó el número de panículas/m².

3.10.5. Relación grano – paja

Estuvo determinada por la relación del peso de los granos y peso de la paja a un mismo porcentaje de humedad. Esto se determinó en el mismo metro cuadrado que se evaluó el número de macollos a la cosecha.

3.10.6. Longitud de panícula

Al momento de la cosecha, se midió desde la base del suelo hasta el ápice de la espiga más sobresaliente la longitud de panícula. Su resultado se expresó en cm.

3.10.7. Porcentaje de granos vanos

Se evaluó al momento de la cosecha previa revisión de causa, verificando que no estén dañados por plagas y se obtuvo el porcentaje de granos llenos y vanos.

3.10.8. Rendimiento por hectárea

Estuvo determinado por el peso de los granos provenientes del área útil por cada parcela experimental. El peso se ajustó al 14 % de humedad y se transformó

a tonelada por hectárea. Para uniformizar los pesos se empleó la fórmula siguiente¹⁰:

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

Pu=peso uniformizado

Pa= peso actual

ha=humedad actual

hd=humedad deseada

3.10.9. Análisis económico

Se consideró los ingresos y egresos, para luego calcular la utilidad o beneficio neto, por cada tratamiento.

3.10.10. Eficiencia agronómica de la aplicación de fertilizantes

Se basó en un balance entre la demanda de nutrientes del cultivo y la oferta de nutrientes desde el suelo, medida a través del rendimiento, considerándose la eficiencia de uso del nutriente. Matemáticamente se expresó de la siguiente forma:

$$Dosis = \frac{\text{Rendimiento } kg/ha}{\text{Nutriente en el suelo en } Kg/ha}$$

¹⁰ Datos proporcionados en Tesis de Ingeniería Agronómica. 2017

IV. RESULTADOS

4.1. Absorción de nutrientes

En el Cuadro 2, se muestra la absorción de nutrientes de los elementos con deficiencia en el análisis foliar en cada uno de los tratamientos estudiados.

El tratamiento que se utilizó nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha reportó mayor absorción de nutrientes, según los resultados obtenidos, mientras que el tratamiento de testigo absoluto reflejó menor absorción de nutrientes.

Cuadro 2. Absorción de nutrientes, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Tratamientos			Nutrientes									
Nº	Fertilizantes	Dosis kg/ha	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	0,0513	0,0037	0,0298	0,0118	0,0029	0,3741	0,1108	2,4664	3,8520	0,3187
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	0,0513	0,0043	0,0279	0,0129	0,0030	0,3325	0,1108	2,7851	3,8658	0,2633
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	0,0527	0,0039	0,0274	0,0085	0,0026	0,3187	0,0970	2,4248	3,7550	0,2910
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	0,0471	0,0039	0,0281	0,0076	0,0026	0,5265	0,0831	2,3140	3,7965	0,2494
T5	Nitrógeno	133,2	0,0416	0,0036	0,0218	0,0078	0,0022	0,5404	0,0970	2,1754	4,1429	0,2633
T6	Potasio	157,2	0,0430	0,0037	0,0240	0,0085	0,0024	0,3603	0,0970	2,5356	3,5471	0,2217
T7	Boro	0,096	0,0416	0,0037	0,0269	0,0083	0,0024	0,3048	0,1247	2,7296	3,6580	0,3048
T8	Testigo absoluto	0	0,0388	0,0032	0,0231	0,0071	0,0021	0,2494	0,0554	1,2193	3,7134	0,1386

4.2. Altura de planta

En el Cuadro 3, se observan los promedios de altura de planta. El análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas y el coeficiente de variación fue 2,72 %.

La aplicación de nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha reportó mayor promedio con 99,2 cm, estadísticamente igual a las aplicaciones de Nitrógeno + Potasio + Boro en dosis de 133,2 + 157,2 + 0,096 kg/ha; Nitrógeno + Boro en dosis de 133,2 + 0,096 kg/ha y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, siendo el menor promedio para el testigo absoluto con 78,0 cm.

Cuadro 3. Altura de planta, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Tratamientos			Altura de
Nº	Fertilizantes	Dosis kg/ha	planta (cm)
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	95,5 a
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	99,2 a
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	95,1 a
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	80,4 b
T5	Nitrógeno	133,2	94,9 a
T6	Potasio	157,2	79,1 b
T7	Boro	0,096	78,2 b
T8	Testigo absoluto	0	78,0 b
Promedio general			87,5
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			2,72

Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la Prueba de Tukey.

Ns= no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.3. Número de macollos/m²

Los valores de macollos/m² se muestran en el Cuadro 4, donde el análisis de varianza obtuvo diferencias altamente significativas y el coeficiente de variación fue 15,74 %.

La aplicación de nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha alcanzó mayor promedio de macollos/m² (412), estadísticamente igual a las aplicaciones de Nitrógeno + Potasio + Boro en dosis de 133,2 + 157,2 + 0,096 kg/ha; Nitrógeno + Boro en dosis de 133,2 + 0,096 kg/ha; Nitrógeno en dosis de 133,2 kg/ha y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, siendo el menor promedio para el testigo absoluto (208 macollos/m²).

Cuadro 4. Macollos/m², en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Tratamientos			Macollos/m ²
Nº	Fertilizantes	Dosis kg/ha	
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	407 ab
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	412 a
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	386 abc
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	268 bcd
T5	Nitrógeno	133,2	328 abcd
T6	Potasio	157,2	256 cd
T7	Boro	0,096	239 d
T8	Testigo absoluto	0	208 d
Promedio general			313
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			15,74

Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la Prueba de Tukey.

Ns= no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.4. Número de panículas/m²

Los valores de panículas/m² demuestran que el análisis de varianza obtuvo diferencias altamente significativas. El coeficiente de variación fue 7,22% (Cuadro 5).

La aplicación de nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha alcanzó mayor promedio con 262 panículas/m², estadísticamente igual a las aplicaciones de Nitrógeno + Potasio + Boro en dosis de 133,2 + 157,2 + 0,096 kg/ha; Nitrógeno + Boro en dosis de 133,2 + 0,096 kg/ha; Potasio + Boro en dosis de 157,2 + 0,096 kg/ha; Nitrógeno en dosis de 133,2 kg/ha y superiores estadísticamente al resto de tratamientos. El menor promedio fue para el testigo absoluto con 195 panículas/m².

Cuadro 5. Panículas/m², en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Tratamientos			Panículas/m ²
Nº	Fertilizantes	Dosis kg/ha	
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	245 ab
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	262 a
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	239 abc
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	234 abc
T5	Nitrógeno	133,2	238 abc
T6	Potasio	157,2	209 bc
T7	Boro	0,096	208 bc
T8	Testigo absoluto	0	195 c
Promedio general			229
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			7,22

Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la Prueba de Tukey.

Ns= no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.5. Longitud de panícula

En el Cuadro 6, se registran los promedios de longitud de panícula. El análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas y el coeficiente de variación fue 7,00 %.

La aplicación de nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha alcanzó mayor promedio con 25,8 cm, estadísticamente igual a las aplicaciones de Nitrógeno + Potasio + Boro en dosis de 133,2 + 157,2 + 0,096 kg/ha; Nitrógeno + Boro en dosis de 133,2 + 0,096 kg/ha; Potasio + Boro en dosis de 157,2 + 0,096 kg/ha; Nitrógeno en dosis de 133,2 kg/ha y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, siendo el menor promedio para el testigo absoluto con 19,9 cm.

Cuadro 6. Longitud de panícula, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Tratamientos			Longitud de panícula
Nº	Fertilizantes	Dosis kg/ha	
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	25,7 a
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	25,8 a
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	24,6 ab
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	21,8 abc
T5	Nitrógeno	133,2	24,1 abc
T6	Potasio	157,2	20,7 bc
T7	Boro	0,096	20,2 bc
T8	Testigo absoluto	0	19,9 c
Promedio general			22,9
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			7,00

Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la Prueba de Tukey.

Ns= no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.6. Relación grano – paja

En lo referente a la relación grano – paja, el análisis de varianza no reportó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 10,33 % (Cuadro 7).

Las aplicaciones de Nitrógeno + Potasio + Boro en dosis de 133,2 + 157,2 + 0,096 kg/ha; nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha; Nitrógeno + Boro en dosis de 133,2 + 0,096 kg/ha; Potasio + Boro en dosis de 157,2 + 0,096 kg/ha; Nitrógeno en dosis de 133,2 kg/ha; potasio en dosis de 157,2 kg/ha obtuvieron 0,9 de relación grano paja, mientras que el uso de Boro en dosis de 0,096 kg/ha y el testigo absoluto presentaron 0,8.

Cuadro 7. Relación grano-paja, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Tratamientos			Relación
Nº	Fertilizantes	Dosis kg/ha	grano-paja
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	0,9
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	0,9
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	0,9
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	0,9
T5	Nitrógeno	133,2	0,9
T6	Potasio	157,2	0,9
T7	Boro	0,096	0,8
T8	Testigo absoluto	0	0,8
Promedio general			0,9
Significancia estadística			ns
Coeficiente de variación (%)			10,33

Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la Prueba de Tukey.

Ns= no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.7. Porcentaje de granos llenos y vanos

El porcentaje de granos llenos y vanos observan que el análisis de varianza no reportó diferencias significativas en ambas evaluaciones y los coeficientes de variación fueron 7,79 y 20,09 %, según se refleja en el Cuadro 8.

En lo referente a porcentaje de granos llenos, el uso de nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha presentó de 76,6 % y el menor valor correspondió al testigo absoluto con 68,1 %.

En el porcentaje de granos vanos, el uso de nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha obtuvo 31,9 % de granos vanos y el menor valor correspondió al testigo absoluto con 23,4 %.

Cuadro 8. Porcentaje de granos llenos y vanos, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Nº	Tratamientos		Porcentaje de granos	
	Fertilizantes	Dosis kg/ha	Llenos	Vanos
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	75,6	31,2
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	76,6	31,9
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	72,8	28,8
PT4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	71,4	28,0
PT5	Nitrógeno	133,2	72,0	28,6
T6	Potasio	157,2	71,2	27,2
T7	Boro	0,096	68,8	24,4
T8	Testigo absoluto	0	68,1	23,4
Promedio general			72,1	27,9
Significancia estadística			ns	ns
Coeficiente de variación (%)			7,79	20,09

Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la Prueba de Tukey.

Ns= no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.8. Rendimiento por hectárea

En los promedios de rendimiento, el análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas y el coeficiente de variación fue 4,62 %, tal como se muestra en el Cuadro 9.

La aplicación de nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha alcanzó mayor rendimiento con 4377,0 kg/ha, estadísticamente igual a las aplicaciones de Nitrógeno + Potasio + Boro en dosis de 133,2 + 157,2 + 0,096 kg/ha; Nitrógeno + Boro en dosis de 133,2 + 0,096 kg/ha y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, siendo el menor promedio para el testigo absoluto con 2650,8 kg/ha.

Cuadro 9. Rendimiento en kg/ha, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Tratamientos			Rendimiento
Nº	Fertilizantes	Dosis kg/ha	en kg/ha
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	4033,5 ab
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	4377,0 a
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	3922,4 abc
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	3474,6 c
T5	Nitrógeno	133,2	3705,5 bc
T6	Potasio	157,2	2911,7 d
T7	Boro	0,096	2849,7 d
T8	Testigo absoluto	0	2650,8 d
Promedio general			3490,7
Significancia estadística			**
Coeficiente de variación (%)			4,62

Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la Prueba de Tukey.

Ns= no significativo

*= significativo

**= altamente significativo

4.9. Análisis económico

En el análisis económico se observó que el mayor beneficio neto con \$ 242,20 lo presentó la aplicación de nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha.

Cuadro 10. Costos fijos/ha, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Descripción	Unidades	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Alquiler de terreno	ha	1	250,00	250,00
Análisis de suelo	u	1	25,00	25,00
Siembra				
Semilla para semillero	sacos	2	65,00	130,00
Trasplante				
Aplicación	jornales	4	12,00	48,00
Preparación de suelo				
Fanguero	u	2	25,00	50,00
Riego	u	8	3,50	28,00
Control de malezas				
Clomit	L	1	18,00	18,00
Nominee	L	0,4	19,00	7,60
2,4 D Amina	L	0,4	13,00	5,20
Aplicación	jornales	6	12,00	72,00
Control fitosanitario				
Clorpirifos	L	0,75	12,00	9,00
Silvacur	L	1	37,50	37,50
Aplicación	jornales	6	12,00	72,00
Sub Total				752,30
Administración (5 %)				37,62
Total Costo Fijo				789,92

Cuadro 11. Análisis económico/ha, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Tratamientos			Costo de producción (USD)								
Nº	Fertilizantes	Dosis kg/ha	Rend. kg/ha	Sacos 210 lb	Valor de producción (USD)	Fijos	Variables			Total	Beneficio neto (USD)
							Productos	Jornales para trat.	Cosecha + Transporte		
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	4033,5	44,4	1419,9	789,92	232,50	108,00	155,30	1285,72	134,20
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	4377,0	48,2	1540,8	789,92	232,20	108,00	168,53	1298,65	242,20
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	3922,4	43,2	1380,8	789,92	127,70	108,00	151,03	1176,64	204,18
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	3474,6	38,2	1223,2	789,92	105,10	72,00	133,79	1100,80	122,38
T5	Nitrógeno	133,2	3705,5	40,8	1304,5	789,92	127,40	108,00	142,68	1167,99	136,48
T6	Potasio	157,2	2911,7	32,0	1025,0	789,92	104,80	72,00	112,11	1078,83	-53,79
T7	Boro	0,096	2849,7	31,4	1003,2	789,92	0,31	36,00	109,73	935,95	67,25
T8	Testigo absoluto	0	2650,8	29,2	933,2	789,92	0,00	0,00	102,07	891,98	41,21

Urea = \$ 22,0 (50 kg)

Muriato de potasio = \$ 20,0 (50 kg)

Fertiboro = \$ 16,0 (50 kg)

Jornal = \$ 12,00

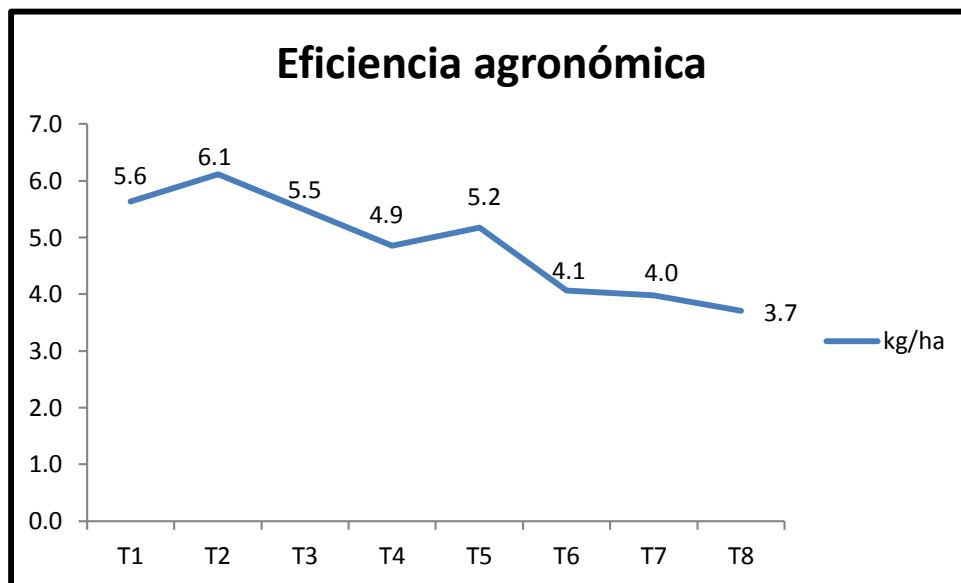
Costo = \$ 32,0 saco 210 lb

Cosecha + transporte = \$ 3,50

4.10. Eficiencia agronómica de la aplicación de fertilizantes

En la Figura 1, se observa la eficiencia agronómica de la aplicación de fertilizantes, donde se refleja que el uso de nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha mostró mayor valor con 6,1 kg de eficiencia agronómica.

Fig. 1. Eficiencia agronómica de la aplicación de fertilizantes, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019



Cuadro 12. Consolidación de resultados, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Tratamientos		Altura de planta	Macollos/m ²	Panículas/m ²	Longitud de panícula	Relación grano-paja	Porcentaje de granos		Rendimiento en kg/ha	
Nº	Fertilizantes						Dosis kg/ha	llenos		vanos
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	95,5 a	407 ab	245 ab	25,7 a	0,9	75,6	31,2	4033,5 ab
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	99,2 a	412 a	262 a	25,8 a	0,9	76,6	31,9	4377,0 a
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	95,1 a	386 abc	239 abc	24,6 ab	0,9	72,8	28,8	3922,4 abc
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	80,4 b	268 bcd	234 abc	21,8 abc	0,9	71,4	28,0	3474,6 c
T5	Nitrógeno	133,2	94,9 a	328 abcd	238 abc	24,1 abc	0,9	72,0	28,6	3705,5 bc
T6	Potasio	157,2	79,1 b	256 cd	209 bc	20,7 bc	0,9	71,2	27,2	2911,7 d
T7	Boro	0,096	78,2 b	239 d	208 bc	20,2 bc	0,8	68,8	24,4	2849,7 d
T8	Testigo absoluto	0	78,0 b	208 d	195 c	19,9 c	0,8	68,1	23,4	2650,8 d

V. CONCLUSIONES

Por los resultados obtenidos se concluye:

- El cultivo de arroz obtuvo respuesta diferenciada debido a la influencia de los nutrientes faltantes de Nitrógeno, Potasio y Boro.
- La altura de planta, macollos y panículas/m² y longitud de panícula presentó el mayor resultado con el uso de nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha.
- La relación grano-paja, porcentaje de granos llenos y vanos no reportó diferencias significativas en sus promedios.
- El mayor rendimiento del cultivo se reportó con el empleo de nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha, así como el mayor beneficio neto \$ 242,20.

VI. RECOMENDACIONES

Por las conclusiones detalladas en el capítulo anterior, se recomienda:

- Aplicar nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha en el cultivo de arroz, bajo condiciones de riego, por presentar mayor rendimiento y beneficio económico.
- Efectuar el mismo ensayo bajo otras condiciones agroedafoclimáticas en otras zonas arroceras del país.
- Realizar investigaciones en cultivos de ciclo corto, sobre omisión de macro y microelementos, con la finalidad de incrementar los rendimientos.

VII. RESUMEN

El presente trabajo experimental, se realizó en el Recinto "Sabaneta", de propiedad del Sr. Héctor Salomón Quintana Ruiz, ubicados en la vía Clementina - Montalvo, con las coordenadas geográficas de 330705,48 UTM Latitud Sur, 197465,35 Longitud Oeste, con una altura de 8 m.s.m.n. La zona, tiene un clima tropical, con una temperatura media anual de 25,6 °C, precipitación anual 1 730 mm, humedad relativa de 82 %. El suelo es de origen aluvial, topografía plana, textura franco arcillosa, drenaje y fertilidad regular. Se empleó la semilla de arroz variedad Iniap FL 1480 "Cristalino". Los tratamientos que se utilizaron estuvieron constituidos por fertilizantes con las respectivas dosis, tales como Nitrógeno + Potasio + Boro (dosis de 133,2 + 157,2 + 0,096 kg/ha); Nitrógeno + Potasio (dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha); Nitrógeno + Boro (dosis de 133,2 + 0,096 kg/ha); Potasio + Boro (dosis de 157,2 + 0,096 kg/ha); Nitrógeno (dosis de 133,2 kg/ha); Potasio (dosis de 157,2 kg/ha); Boro (dosis de 0,096 kg/ha) y un Testigo absoluto sin aplicación de fertilizantes. Se utilizó el diseño experimental "Bloques completos al azar", con ocho tratamientos y tres repeticiones. La diferencia estadística entre las medias de los tratamientos se determinó con la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad. Se efectuaron todas las labores que requiere el cultivo de arroz para su normal desarrollo, tales como preparación del terreno, siembra, fertilización, riego, control de malezas, control de insectos- plagas y enfermedades y cosecha. Por los resultados obtenidos se determinó que el cultivo de arroz obtuvo respuesta diferenciada debido a la influencia de los nutrientes faltantes de Nitrógeno, Potasio y Boro; la mayor altura de planta, macollos y panículas/m² y longitud de panícula se presentó con el uso de nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha; la relación grano-paja, porcentaje de granos llenos y vanos no reportó diferencias significativas en sus promedios y el mayor rendimiento del cultivo se reportó con el empleo de nitrógeno + potasio en dosis de 133,2 + 157,2 kg/ha, así como el mayor beneficio neto \$ 242,20.

Palabras claves: arroz, Nitrógeno, Potasio, Boro, rendimiento.

VIII. SUMMARY

The present experimental work was carried out in the "Sabaneta" Campus, owned by Mr. Héctor Salomón Quintana Ruiz, located on the Clementina - Montalvo highway, with the geographic coordinates of 330705.48 UTM South Latitude, 197465.35 West Longitude, with a height of 8 msnm. The area has a tropical climate, with an average annual temperature of 25.6 ° C, annual precipitation 1 730 mm, relative humidity of 82%. The soil is of alluvial origin, flat topography, clay loam texture, drainage and regular fertility. The rice seed variety Iniap FL 1480 "Cristalino" was used. The treatments that were used were constituted by fertilizers with the respective doses, such as Nitrogen + Potassium + Boron (dose of 133.2 + 157.2 + 0.096 kg / ha); Nitrogen + Potassium (dose of 133.2 + 157.2 kg / ha); Nitrogen + Boron (dose of 133.2 + 0.096 kg / ha); Potassium + Boron (dose of 157.2 + 0.096 kg / ha); Nitrogen (dose of 133.2 kg / ha); Potassium (dose of 157.2 kg / ha); Boron (dose of 0.096 kg / ha) and an absolute Control without application of fertilizers. The experimental design "Complete blocks at random" was used, with eight treatments and three repetitions. The statistical difference between the means of the treatments was determined with the Tukey test at 95% probability. All the tasks required for rice cultivation for normal development, such as land preparation, sowing, fertilization, irrigation, weed control, insect control, pests and diseases, and harvesting, were carried out. Based on the results obtained, it was determined that the rice culture obtained a differentiated response due to the influence of the missing nutrients of Nitrogen, Potassium and Boron; the highest plant height, tillers and panicles / m² and panicle length was presented with the use of nitrogen + potassium in a dose of 133.2 + 157.2 kg / ha; The grain-straw ratio, percentage of full and void grains did not report significant differences in their averages and the highest yield of the crop was reported with the use of nitrogen + potassium in a dose of 133.2 + 157.2 kg / ha, as well as the highest net profit \$ 242.20.

Keywords: rice, nitrogen, potassium, boron, yield.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Bueno, J., Alonso-López, A., Volke, V., Gallardo-López, F., Ojeda-Ramírez, M., Mosqueda-Vázquez, R. 2015. Respuesta del papayo a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en un luvisol. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. Terra Latinoamericana, vol. 23, núm. 3, pp. 409-415
- Elizondo, J. 2016. El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche. Universidad de Costa Rica Alajuela, Costa Rica. Agronomía Mesoamericana, vol. 17, núm. 1, pp. 69-77.
- Fernández, C., Vázquez, S., Dalurzo, H. 2016. Efecto del uso del suelo sobre las fracciones de fósforo y su relación con características edáficas en un Hapludalf de Corrientes. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2003.
- Fernández, M. 2017. Fósforo: amigo o enemigo ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. XLI, núm. 2. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Ciudad de La Habana, Cuba. pp. 51-57
- Guaytarilla, N. e Izquierdo, F. 2016. Respuesta de la fertilización con boro en el cultivo de alfalfa Medicago sativa Santa Rosa de Cusubamba- Cayambe La Granja. Revista de Ciencias de la Vida, núm. 4. Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, Ecuador. pp. 67-70
- Intagri. 2018. Funciones Críticas del Boro en los Cultivos. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/funciones-criticas-del-boro-en-los-cultivos>
- Menjivar-Flores, J., Enciso, C., Martínez, E. 2015. Evaluación de la eficiencia de tres fertilizantes edáficos sobre el rendimiento y calidad del zapallo (Cucurbita máxima var. Unapal- Mandarino). Revista de Investigación

- Molina, E., Cabalceta, G. 2017. Fertilización foliar en arroz (*Oryza sativa* L.) en Carrillo, Guanacaste. *Agronomía Costarricense*. 16(2): 287-290.
- Pilalao, W., Alvarado, A., Pacheco, E. 2017. Reducción de la fertilización edáfica con aplicación de fertilizantes foliares en cultivo de arroz. *DELOS Revista Desarrollo Local Sostenible*. Vol 10. N° 29. ISSN: 1988-5245.
- Preciado, P., Baca, G., Tirado, J., Kohashi, J., Tijerina, L., Martínez, A. 2014. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de arroz. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. Terra Latinoamericana*, vol. 20, núm. 3, pp. 267-276.
- Promix. 2017. Rol del boro en el cultivo de plantas. Disponible en <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-boro-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Quirós, R., Ramírez, C. 2016. Evaluación de la fertilización nitrogenada en arroz inundado. *Universidad de Costa Rica Alajuela, Costa Rica. Agronomía Mesoamericana*, vol. 17, núm. 2, pp. 179-188
- Ramírez, D., Dias, L., Zaczuk, P., Piler, C., Ramírez, J. 2017. Calidad del arroz de tierras altas en función del tiempo de cocción y del cultivar de arroz. *Universidad Federal do Paraná Paraná, Brasil. Scientia Agraria*, vol. 11, núm. 2, pp. 163-173
- Rodríguez, M., Velázquez, A., Gómez, A., Aldrete, A., Domínguez, M. 2014. Fertilización con boro en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake en Tabasco. *Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 20, núm. 2, pp. 203-213
- Ruiz, M.; Díaz, G.; Polón, R. 2015. Influencia de las tecnologías de preparación de

suelo cuando se cultiva arroz (*Oryza sativa* L.) Cultivos Tropicales, vol. 26, núm. 2, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba. pp. 45-52

Smart. 2018. El Boro en las plantas. Disponible en <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/boron>

Subero, N., Ramírez, R., Sequera, O., Parra, J. 2017. Fraccionamiento de fósforo en suelos cultivados con arroz por largos períodos de tiempo. Parte II. Relación fósforo orgánico inorgánico Bioagro, vol. 28, núm. 2. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado Barquisimeto, Venezuela. pp. 81-86

Vargas, C., Boschini, C. 2015. Producción forrajera del *Trypsacum laxum*, fertilizado con nitrógeno, fósforo y potasio. Universidad de Costa Rica Alajuela, Costa Rica. Agronomía Mesoamericana, vol. 22, núm. 1, pp. 99-108

Villarreal-Núñez, J., Barahona-Amores, L., Castillo-Ortiz, O. 2015. Efecto de zeolita sobre la eficiencia de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de arroz. Universidad de Costa Rica Alajuela, Costa Rica. Agronomía Mesoamericana, vol. 26, núm. 2, pp. 315-321

APÉNDICE

Cuadros de resultados, análisis de varianza y prueba de significancia estadística

Cuadro 13. Altura de planta, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Nº	Tratamientos		Bloques			X
	Fertilizantes	Dosis kg/ha	I	II	III	
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	93,2	97,3	96,1	95,5
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	100,8	101,4	95,4	99,2
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	96,8	94,1	94,4	95,1
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	80,2	81,0	79,9	80,4
T5	Nitrógeno	133,2	97,6	91,3	95,7	94,9
T6	Potasio	157,2	77,5	78,0	81,8	79,1
T7	Boro	0,096	75,8	80,6	78,3	78,2
T8	Testigo absoluto	0	77,5	78,2	78,2	78,0

Variable N R² R² Aj CV
 Al pl 24 0,96 0,93 2,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1835,36	9	203,93	36,09	<0,0001
Tratam	1834,91	7	262,13	46,39	<0,0001
Rep	0,45	2	0,23	0,04	0,9610
Error	79,10	14	5,65		
Total	1914,46	23			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,84852

Error: 5,6502 gl: 14

Tratam	Medias	n	E.E.
T2	99,20	3	1,37 A
T1	95,53	3	1,37 A
T3	95,10	3	1,37 A
T5	94,87	3	1,37 A
T4	80,37	3	1,37 B
T6	79,10	3	1,37 B
T7	78,23	3	1,37 B
T8	77,97	3	1,37 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 14. Macollos/m², en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Nº	Tratamientos		Bloques			X
	Fertilizantes	Dosis kg/ha	I	II	III	
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	411	394	417	407
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	478	423	334	412
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	416	325	418	386
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	228	266	309	268
T5	Nitrógeno	133,2	346	268	371	328
T6	Potasio	157,2	331	268	168	256
T7	Boro	0,096	280	228	209	239
T8	Testigo absoluto	0	221	208	194	208

Variable N R² R² Aj CV
Macollos 24 0,81 0,69 15,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	146640,38	9	16293,38	6,72	0,0009
Tratam	138480,29	7	19782,90	8,15	0,0005
Rep	8160,08	2	4080,04	1,68	0,2215
Error	33966,58	14	2426,18		
Total	180606,96	23			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=141,91466

Error: 2426,1845 gl: 14

Tratam	Medias	n	E.E.	
T2	411,67	3	28,44	A
T1	407,33	3	28,44	A B
T3	386,33	3	28,44	A B C
T5	328,33	3	28,44	A B C D
T4	267,67	3	28,44	B C D
T6	255,67	3	28,44	C D
T7	239,00	3	28,44	D
T8	207,67	3	28,44	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 15. Panículas/m², en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Nº	Tratamientos		Bloques			X
	Fertilizantes	Dosis kg/ha	I	II	III	
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	237	258	242	245
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	293	246	249	262
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	249	249	219	239
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	240	231	232	234
T5	Nitrógeno	133,2	240	239	234	238
T6	Potasio	157,2	198	192	237	209
T7	Boro	0,096	194	222	207	208
T8	Testigo absoluto	0	198	197	190	195

Variable N R² R² Aj CV
Paniculas 24 0,74 0,58 7,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10974,04	9	1219,34	4,47	0,0064
Tratam	10877,29	7	1553,90	5,69	0,0029
Rep	96,75	2	48,37	0,18	0,8395
Error	3822,58	14	273,04		
Total	14796,63	23			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=47,60798

Error: 273,0417 gl: 14

Tratam	Medias	n	E.E.	
T2	262,67	3	9,54	A
T1	245,67	3	9,54	A B
T3	239,00	3	9,54	A B C
T5	237,67	3	9,54	A B C
T4	234,33	3	9,54	A B C
T6	209,00	3	9,54	B C
T7	207,67	3	9,54	B C
T8	195,00	3	9,54	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 16. Longitud de panícula, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Nº	Tratamientos		Bloques			X
	Fertilizantes	Dosis kg/ha	I	II	III	
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	28,5	23,9	24,6	25,7
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	24,5	29,2	23,8	25,8
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	23,9	24,6	25,2	24,6
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	22,1	21,3	22,1	21,8
T5	Nitrógeno	133,2	23,4	24,7	24,2	24,1
T6	Potasio	157,2	20,4	21,4	20,2	20,7
T7	Boro	0,096	18,7	20,8	21,2	20,2
T8	Testigo absoluto	0	19,0	20,0	20,8	19,9

Variable N R² R² Aj CV
Long pan 24 0,78 0,64 7,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	129,42	9	14,38	5,62	0,0022
Tratam	127,49	7	18,21	7,12	0,0010
Rep	1,92	2	0,96	0,38	0,6933
Error	35,80	14	2,56		
Total	165,22	23			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,60748

Error: 2,5574 gl: 14

Tratam	Medias	n	E.E.	
T2	25,83	3	0,92	A
T1	25,67	3	0,92	A
T3	24,57	3	0,92	A B
T5	24,10	3	0,92	A B C
T4	21,83	3	0,92	A B C
T6	20,67	3	0,92	B C
T7	20,23	3	0,92	B C
T8	19,93	3	0,92	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 17. Relación grano - paja, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Nº	Tratamientos		Bloques			X
	Fertilizantes	Dosis kg/ha	I	II	III	
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	1,0	0,9	0,8	0,9
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	1,0	0,7	0,9	0,9
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	0,9	0,8	0,8	0,9
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	0,8	0,8	1,0	0,9
T5	Nitrógeno	133,2	1,0	0,8	0,9	0,9
T6	Potasio	157,2	0,9	0,9	0,9	0,9
T7	Boro	0,096	0,7	0,8	0,8	0,8
T8	Testigo absoluto	0	0,9	0,7	0,9	0,8

Variable N R² R² Aj CV
Relac g - p 24 0,45 0,09 10,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,09	9	0,01	1,25	0,3420
Tratam	0,05	7	0,01	0,82	0,5878
Rep	0,04	2	0,02	2,76	0,0978
Error	0,11	14	0,01		
Total	0,20	23			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,25539

Error: 0,0079 gl: 14

Tratam	Medias	n	E.E.
T5	0,90	3	0,05 A
T6	0,90	3	0,05 A
T1	0,90	3	0,05 A
T4	0,87	3	0,05 A
T2	0,87	3	0,05 A
T3	0,83	3	0,05 A
T8	0,83	3	0,05 A
T7	0,77	3	0,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 18. Porcentaje de granos llenos, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Nº	Tratamientos		Bloques			X
	Fertilizantes	Dosis kg/ha	I	II	III	
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	67,4	80,0	79,4	75,6
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	73,5	78,2	78,0	76,6
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	67,8	76,3	74,2	72,8
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	55,5	77,0	81,7	71,4
T5	Nitrógeno	133,2	58,6	85,4	72,0	72,0
T6	Potasio	157,2	72,8	74,4	66,4	71,2
T7	Boro	0,096	62,8	75,0	68,7	68,8
T8	Testigo absoluto	0	62,0	70,8	71,5	68,1

Variable N R² R² Aj CV
Granos llenos 24 0,65 0,42 7,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	810,93	9	90,10	2,86	0,0382
Tratam	181,84	7	25,98	0,82	0,5833
Rep	629,09	2	314,55	9,99	0,0020
Error	441,01	14	31,50		
Total	1251,94	23			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=16,17056

Error: 31,5007 gl: 14

Tratam	Medias	n	E.E.
T2	76,57	3	3,24 A
T1	75,60	3	3,24 A
T3	72,77	3	3,24 A
T5	72,00	3	3,24 A
T4	71,40	3	3,24 A
T6	71,20	3	3,24 A
T7	68,83	3	3,24 A
T8	68,10	3	3,24 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 19. Porcentaje de granos vanos, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Nº	Tratamientos		Bloques			X
	Fertilizantes	Dosis kg/ha	I	II	III	
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	37,2	25,0	31,3	31,2
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	38,0	29,2	28,5	31,9
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	27,2	25,6	33,6	28,8
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	41,4	14,6	28,0	28,0
T5	Nitrógeno	133,2	44,5	23,0	18,3	28,6
T6	Potasio	157,2	32,2	23,7	25,8	27,2
T7	Boro	0,096	32,6	20,0	20,6	24,4
T8	Testigo absoluto	0	26,5	21,8	22,0	23,4

Variable N R² R² Aj CV
Granos vanos 24 0,65 0,42 20,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	810,93	9	90,10	2,86	0,0382
Tratam	181,84	7	25,98	0,82	0,5833
Rep	629,09	2	314,55	9,99	0,0020
Error	441,01	14	31,50		
Total	1251,94	23			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=16,17056

Error: 31,5007 gl: 14

Tratam	Medias	n	E.E.
T2	31,90	3	3,24 A
T1	31,17	3	3,24 A
T3	28,80	3	3,24 A
T5	28,60	3	3,24 A
T4	28,00	3	3,24 A
T6	27,23	3	3,24 A
T7	24,40	3	3,24 A
T8	23,43	3	3,24 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro 20. Rendimiento en kg/ha, en la evaluación de la omisión de nutrientes Nitrógeno, Potasio y Boro en el cultivo de arroz. FACIAG, 2019

Nº	Tratamientos		Bloques			X
	Fertilizantes	Dosis kg/ha	I	II	III	
T1	Nitrógeno + Potasio + Boro	133,2 + 157,2 + 0,096	4098,1	4015,0	3987,3	4033,5
T2	Nitrógeno + Potasio	133,2 + 157,2	4234,6	4328,9	4567,4	4377,0
T3	Nitrógeno + Boro	133,2 + 0,096	3986,3	3856,7	3924,2	3922,4
T4	Potasio + Boro	157,2 + 0,096	3546,2	3478,9	3398,7	3474,6
T5	Nitrógeno	133,2	3785,4	3645,9	3685,2	3705,5
T6	Potasio	157,2	3169,4	2719,2	2846,7	2911,7
T7	Boro	0,096	3083,4	2538,0	2927,7	2849,7
T8	Testigo absoluto	0	2427,6	2708,4	2816,6	2650,8

Variable N R² R² Aj CV
Rend 24 0,96 0,93 4,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8369969,31	9	929996,59	35,78	<0,0001
Tratam	8292576,65	7	1184653,81	45,57	<0,0001
Rep	77392,65	2	38696,33	1,49	0,2593
Error	363930,51	14	25995,04		
Total	8733899,82	23			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=464,52656

Error: 25995,0367 gl: 14

Tratam	Medias	n	E.E.	
T2	4376,97	3	93,09	A
T1	4033,47	3	93,09	A B
T3	3922,40	3	93,09	A B C
T5	3705,50	3	93,09	B C
T4	3474,60	3	93,09	C
T6	2911,77	3	93,09	D
T7	2849,70	3	93,09	D
T8	2650,87	3	93,09	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 26 Vía Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
 Teléfono: 2717161 Fax: 2717119 Celular: 094535163 - 084535163 - 099351760 e-mail: iniap_ls_lab@yahoo.es



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO			DATOS DE LA PROPIEDAD			DATOS DE LA MUESTRA					
Nombre :	HECTOR QUINTANA RUIZ		Nombre :	SABANETA		Informe No. :	17810		Factura No. :	023452	
Dirección :	RCTO. SABANETA		Provincia :	LOS RIOS		Responsable Muestreo :	CLIENTE		Fecha Análisis :	18/07/2018	
Ciudad :	BABAHOYO		Cantón :	BABAHOYO		Fecha Muestreo :	15/07/2018		Fecha Emisión :	15/08/2018	
Teléfono :	099501310		Parroquia :	LA UNION		Fecha Ingreso :	17/07/2018		Fecha impresión :	15/08/2018	
Fax :	N/E		Ubicación :	VIA BABAHOYO - CLEMENTINA		Condiciones Ambientales :	28 C° HR 75		Cultivo Actual :	CICLO CORTO	

N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml											
			NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Cl
57851	MUESTRA # 1	5.2 Ac RC	28 M	31 A	95 M	2470 A	665 A	47 A	2.1 M	25.9 A	662 A	107.0 A	0.10 B	

Interpretación	pH	
NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S	MAc = Muy Acido	N = Neutro
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	Ac = Acido	LAl = Lig. Alcalino
	MAc = Med. Acido	MeAl = Med. Alcalino
	LAc = Lig. Acido	Al = Alcalino
	PN = Prac. Neutro	RC = Requiere Ca

Determinación	Metodología	Extractante
NH ₄ , P	Colorimétrica	Clsen
K, Ca, Mg	Absorción	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8.5
S	Turbidimétrica	Fosfato de Ca
B	Colorimetría	Monodásico
Cl	Volumétrica	Pasta Saturada
pH	Potenciométrica	Buena agua (1:2.5)

Niveles de Referencia Óptimos					
Medio (ug/ml)					
NH ₄	20 - 40	Mg	121.5 - 243	Fe	20 - 40
P	10 - 20	S	10 - 20	Mn	5 - 15
K	78 - 156	Zn	2.0 - 7.0	B	0.5 - 1.0
Ca	800 - 1600	Cu	1.0 - 4.0	Cl	17 - 34

N/E = No entregado

<LC = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

Responsable Laboratorio

Página 1 de 2

Fig. 2. Análisis de suelo realizado en la investigación.



**ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**

Km. 26 Vía Durán Tambo
Yaguachi – Ecuador Teléfono: 217119 Fax: 2717260

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD			PARA EL USO DEL LABORATORIO		
Nombre :	HECTOR QUINTANA RUIZ	Nombre :	SABANETA		Cultivo :	CICLO CORTO	
Dirección :	RCTO. SABANETA	Provincia :	LOS RIOS		Nº de Reporte :	05141	
Ciudad :	BABAHOYO – LOS RIOS	Cantón :	BABAHOYO		Fecha de Muestreo :	25/07/2018	
Teléfono :	09995013010	Parroquia :	LA UNION		Fecha de Ingreso :	25/07/2018	
Fax :	N/E	Ubicación :	VIA CLEMENTINA - BABAHOYO		Fecha de Salida :	18/08/2018	

Nº Muestr. Laborat.	Datos del Lote		(%)							(ppm)						
	Identificación	Área	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na
39176	TRATAMIENTO 1	400 m2	3,7 E	0,27 A	2,15 D	0,85 A	0,21 A			27 A	8 D	178 A	278 A			
39177	TRATAMIENTO 2	400 m2	3,7 E	0,31 E	2,01 D	0,93 A	0,22 A			24 E	8 D	201 A	279 A			
39178	TRATAMIENTO 3	400 m2	3,8 E	0,28 A	1,98 D	0,61 D	0,19 A			23 A	7 D	175 A	271 A			
39179	TRATAMIENTO 4	400 m2	3,4 A	0,28 A	2,03 D	0,55 D	0,19 A			38 A	6 D	167 A	274 A			
39180	TRATAMIENTO 5	400 m2	3,0 A	0,26 A	1,57 D	0,56 D	0,16 A			39 A	7 D	157 A	299 A			
39181	TRATAMIENTO 6	400 m2	3,1 A	0,27 A	1,73 D	0,61 D	0,17 D			26 A	7 D	183 A	256 A			
39182	TRATAMIENTO 7	400 m2	3,0 A	0,27 A	1,94 D	0,60 D	0,17 D			22 A	9 D	197 A	264 A			
391ñ83	TRATAMIENTO 8	400 m2	2,8 A	0,23 A	1,67 D	0,51 D	0,15 D			18 A	4 D	88 D	268 A			

INTERPRETACIÓN

D = Deficiente
A = Deficiente
E = Deficiente

Responsable Técnico del Laboratorio

Fig. 3. Reporte de análisis foliar de nutrientes, macro y microelementos



**ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**

Km. 26 Vía Durán Tambo
Yaguachi – Ecuador Teléfono: 217119 Fax: 2717260

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD			PARA EL USO DEL LABORATORIO		
Nombre :	HECTOR QUINTANA RUIZ	Nombre :	SABANETA		Cultivo :	CICLO CORTO	
Dirección :	RCTO. SABANETA	Provincia :	LOS RIOS		N° de Reporte :	05141	
Ciudad :	BABAHOYO – LOS RIOS	Cantón :	BABAHOYO		Fecha de Muestreo :	25/07/2018	
Teléfono :	09995013010	Parroquia :	LA UNION		Fecha de Ingreso :	25/07/2018	
Fax :	N/E	Ubicación :	VIA CLEMENTINA - BABAHOYO		Fecha de Salida :	18/08/2018	

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		(%)							(ppm)						
	Identificación	Área	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na
39176	TRATAMIENTO 1	400 m2												23 A		
39177	TRATAMIENTO 2	400 m2												19 A		
39178	TRATAMIENTO 3	400 m2												21 A		
39179	TRATAMIENTO 4	400 m2												18 A		
39180	TRATAMIENTO 5	400 m2												19 A		
39181	TRATAMIENTO 6	400 m2												16 A		
39182	TRATAMIENTO 7	400 m2												22 A		
39183	TRATAMIENTO 8	400 m2												10 D		

Nota: Complementario a análisis inicial COD-14037

INTERPRETACIÓN

- D** = Deficiente
- A** = Deficiente
- E** = Deficiente

Responsable Técnico del Laboratorio

Fig. 4. Reporte de análisis foliar del elemento Boro

Fotografías



Fig. 5. Preparación del terreno



Fig. 6. Cultivo inundado para su buen desarrollo



Fig. 7. Cultivo en desarrollo



Fig. 8. Visita de los coordinadores de titulación.



Fig. 9. Vista panorámica del cultivo



Fig. 10. Monitoreo del cultivo por el Ing. Marlon López I.



Fig. 11. Visita del Tutor, Ing. Marlon López I.



Fig. 12. Lanzando un marco de 1,0 m²



Fig. 13. Evaluando altura de planta



Fig. 14. Evaluando número de macollos



Fig. 15. Cosecha del cultivo