



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TRABAJO EXPERIMENTAL

Presentado al H. Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“Respuesta agronómica del cultivo de arroz (*Oryza sativa*) a la aplicación de fertilizantes a base de Silicio y Magnesio en la zona de Babahoyo”

AUTOR

Aldair Gonzalo Bajaña Zambrano

TUTOR

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete, Mg Sc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2020

AGRADECIMIENTO

Mi trabajo es dedicado a mis padres que me dieron su apoyo durante toda la etapa estudiantil, a mi esposa y a mi hijo quien es el pilar fundamental por el cual me he motivado durante todo este trayecto.

A mis compañeros de aulas con los que compartí grandes momentos, a mis docentes que me compartieron sus conocimientos.

Gracias madre.

DEDICATORIA

- Agradezco a Dios por permitirme estar con vida y permitirme alcanzar la meta de ser Ingeniero Agropecuario,
- a mis padres que me apoyaron durante toda esta etapa.
- A mi distinguida Universidad Técnica de Babahoyo
- A la escuela de Ingeniería Agropecuaria,
- A sus docentes y
- A mis compañeros de aulas con los cuales me formé y compartí grandes momentos.
- Gracias por siempre....

INDICE

| | |
|---|-------------------------------|
| UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO | 1 |
| AGRADECIMIENTO | 2 |
| DEDICATORIA | 3 |
| INDICE | 4 |
| I. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2.1. El cultivo de arroz | 5 |
| 2.1. Fertilización | 7 |
| 2.2. Productos | 15 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 17 |
| 3.1. Características del sitio experimental | 17 |
| 3.2. Material de siembra | 17 |
| 3.3. Variables Estudiadas | 17 |
| 3.4. Métodos | 18 |
| 3.5. Tratamientos | 18 |
| 3.6. Diseño experimental y análisis funcional | 18 |
| 3.6.1. Análisis de varianza | 19 |
| 3.6.2. Características del área experimental | 19 |
| 3.6.3. Análisis funcional | ¡Error! Marcador no definido. |
| 3.7. Manejo del Ensayo | 19 |
| 3.7.2 Siembra | 19 |
| 3.7.3 Control de malezas | 20 |
| 3.7.4 Control fitosanitario | 20 |
| 3.7.5 Riego | 20 |
| 3.7.6 Fertilización | 21 |
| 3.7.7 Cosecha | 21 |
| 3.8. Datos Evaluados | 21 |
| 3.8.1 Altura de planta a cosecha | 21 |

| | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| 3.8.10 Análisis económico | 23 |
| IV. RESULTADOS | 24 |
| 4.1. Altura de planta | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.2. Número de macollos | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.3. Número de Panículas..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.5. Número de granos | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.7. Días floración..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.8. Días a cosecha | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.9. Rendimiento hectárea..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| 4.10. Productividad Parcial | 33 |
| 4.11. Evaluación económica..... | 33 |
| V. CONCLUSIONES | ¡Error! Marcador no definido. |
| VI. RECOMENDACIONES | 35 |
| VII. RESUMEN..... | 37 |
| VIII. SUMMARY | 38 |
| IX. LITERATURA CITADA | 39 |
| Apendice | ¡Error! Marcador no definido. |

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa*) es el alimento básico para la población mundial y es el cultivo más importante, si se considera la extensión de la superficie de siembra y la cantidad de gente, que depende de su cosecha. Ocupa el segundo lugar después del trigo, proporciona más calorías que cualquier otro cereal, típico de Asia meridional y Oriental, aunque también es ampliamente cultivado en África y en América, intensivamente en algunos puntos de Europa meridional, sobre todo en las regiones mediterráneas.

El Ecuador, mantiene una producción promedio de 3,9 toneladas métricas de arroz superando solamente a Bolivia y Paraguay. El área es de 350 000 ha sembradas, de las cuales un 30 % es constante durante todo un año, y el resto se maneja en secano favorecido¹.

En Ecuador, se siembra actualmente un sinnúmero de variedades de arroz. Aunque el rendimiento por hectárea de estos materiales es variable el aumento en la calidad es mayor, como lo exige el mercado actual, estas nuevas variedades tiene rendimientos superiores al 10 % a los registrados en otros materiales más antiguos, a pesar de que estos tiene gran aceptación en el sector arrocero y registran un excelente comportamiento en los campos de experimentación y pruebas comerciales.

Los problemas de manejo de fertilización han causado la disminución en los rendimientos. Esto se debe a que el agricultor, solamente aplica fertilizante a base de N y en rara ocasión formulaciones de K y P.

Las altas concentraciones de K y NH₄ tienden a restringir la disponibilidad de

¹ Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2019. Anuario. Disponible: www.agricultura.gob.ec

magnesio. Los granos de arroz contienen más magnesio que la paja, pero menos K y Ca que esta. El arroz de secano tiene el mejor nivel de magnesio del suelo para el crecimiento de la planta cuando cerca del 10 por ciento de la capacidad de intercambio de cationes (CIC) está saturada con magnesio. En el caso del arroz en tierras húmedas, las deficiencias de magnesio son raras, pero pueden aparecer cuando su concentración cae a menos de 3 - 4 por ciento del CIC y el pH es menor de 5,5².

El silicio no es clasificado como un elemento esencial. Sin embargo, un buen cultivo de arroz toma del terreno 1000 – 1200 kg ha⁻¹ de óxido de silicio. Los silicatos se encuentran en la paja, la cáscara del grano y en los granos³.

El silicio tiene varias funciones en el crecimiento de la planta de arroz, ya que una buena absorción de silicio protege las plantas contra la infección de hongos e insectos, promueve una mejor fotosíntesis en los distintos doseles de hojas y, consecuentemente, mejora los rendimientos, además un aumento de la absorción de silicio disminuye las pérdidas por transpiración, fortalece el poder oxidante de las raíces del arroz y disminuye una excesiva absorción de hierro y manganeso.

Actualmente, existe la tendencia de incorporar fertilizantes que posean otros nutrientes que han sido reportados en investigaciones, como lo es el silicio y magnesio, base del desarrollo del cultivo y que conlleva a mejorar el desarrollo de este. El presente trabajo, busca incorporar al silicio y magnesio como fertilización complementaria a la manejada, mejorando así su resistencia a plagas y producción.

² Fuente: Jaramillo, R. 2018. Indicadores de eficiencia en el marco de las 4R del manejo de nutrientes en cultivos agrícolas. Memorias del Primer Simposio en Suelos y Nutrición de Cultivos 2018. Archivos Académicos USFQ, 11, 1–41. ISSN: 2528-7753

³ Fuente: Calvache, M. 2010. Manejo sostenible del suelo Agrícola. Libro de resúmenes del X Congreso Latinoamericano de Agronomía. Quevedo, Ecuador. p15. ISBN: 978-9942-802-24-8

1.1. Objetivos

1.1.1. General

Evaluar la respuesta agronómica del cultivo de arroz, a la aplicación de fertilizantes a base de silicio y magnesio en la zona de Babahoyo.

1.1.2. Específicos

- Determinar el comportamiento agronómico a las aplicaciones de silicio y magnesio.
- Evaluar la mejor dosis de aplicación de silicio y magnesio.
- Analizar económicamente los tratamientos.

II. MARCO TEORICO

2.1. El cultivo de arroz en ecuador

El cultivo del arroz comenzó hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas.

Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo. El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, aunque es el más importante del mundo si se considera la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de gente que depende de su cosecha. A nivel mundial, el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo si se considera la superficie cosechada, pero si se considera su importancia como cultivo alimenticio, el arroz proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales (Infoagro, 2014).

El arroz es el segundo grano más producido a nivel mundial después del maíz, se cultiva, además de ser el único grano que se produce únicamente para consumo humano, cabe resaltar que a diferencia de cultivos de frutos, el arroz transloca menos del 12% del potasio absorbido al grano a diferencia del fósforo el cual se transloca un 85% del fósforo absorbido y debido a la complejidad del sistema del suelo (Quintero, 2017).

De acuerdo con las proyecciones del Banco Mundial, la población mundial aumentará de seis mil millones de personas en 1999 a siete mil millones en 2020. Posiblemente, por lo tanto las tasas de crecimiento mayores o el más elevado aumento absoluto del número de personas. En ese caso, las consecuencias de un aumento de la población serán familiares: toda esta gente tendrá que ser alimentada. Hasta el 90 por ciento de este aumento necesario de la producción de alimentos tendrá que provenir de los campos y cultivados.

La FAO estima que durante el período 1995–97 alrededor de 790 millones de personas en el mundo en desarrollo no tenía suficiente para alimentarse. El número ha decaído en los años recientes de un promedio de alrededor de ocho millones de personas por año. En el año 2015, si el ritmo no fuera aumentado, habría aún 600 millones de personas hambrientas (FAOSTAT, 2013).

Para más de la mitad de la población del mundo, el arroz es el alimento más importante. Aproximadamente un 90 % de la producción de arroz se realiza en los países asiáticos. Los sistemas de producción difieren claramente en la densidad de plantación y en el rendimiento. Van desde de un monocultivo, en tierras bajas, que se riega con agua de lluvia, arroz de tierras altas con pequeños rendimientos ($1-3 \text{ t ha}^{-1}$) hasta un triple cultivo, con producción con riego, que alcanzan rendimientos anuales de $15 - 18 \text{ t ha}^{-1}$. Un manejo de los nutrientes óptimo es vital para alcanzar todo el potencial del rendimiento que lleva la planta genéticamente, y de esta forma ayudar a satisfacer la demanda de alimentos de una población creciente en relación con la decreciente disponibilidad del agua y tierra (K+S KALI, 2017).

Según INDIA (2017), la variedad SFL-11 se cultiva en los suelos con fácil drenaje. Guayas, Manabí, Los Ríos y El Oro. Tiene un ciclo vegetativo de 127-131 días en siembra directa, 117-140 días en siembra de trasplante, altura de planta de 126 cm, grano largo, arroz entero al pilar 67 %, latencia de la semilla 7-8 semanas, desgrane intermedio.

La densidad de siembra en siembra directa (sembradora) es de 80 kg ha⁻¹ de semilla certificada, siembra directa (voleo) 100 kg/ha de semilla y siembra por trasplante 45 kg/ha de semilla. Además en semillero utilizar 150-200 g de semilla/m. Es tolerante a *Pyricularia grisea*, Hoja blanca y moderadamente susceptible a manchado del grano (*Sarocladium oryza*). Según las condiciones se esperan rendimientos de 4,3-8,0 t ha⁻¹ en secano riego (arroz en cáscara al 14 % de humedad) y 5,0-9,0 t ha⁻¹ en riego.

2.1. Fertilización

Rodríguez (2004) menciona que el arroz es una planta muy exigente en agua, luminosidad y temperatura. El nitrógeno determina el macollamiento y el nivel de producción, siendo el fósforo importante para un buen enraizamiento. Sus exigencias de elementos, en relación a la producción, son inferiores a los de los demás cereales. Las dosis totales pueden variar entre 120 – 200 Kg/ha de nitrógeno, 90 – 120 de fósforo y 60 – 120 Kg/ha de potasio, en función de las condiciones de fertilidad del suelo y la posibilidad de producción en la zona.

Mestanza y Alcívar (2008) informan que el arroz, como todas las especies vegetales cultivables, para su nutrición, necesita disponer de una cantidad adecuada y sobre todo de nutrientes, suministrado por el suelo o por una fertilización balanceada.

Los mismos autores mencionan que cada uno de los nutrientes minerales juegan un rol específico en el metabolismo vegetal (Ley de la esencialidad), ninguno de ellos puede ser reemplazado por otro, de tal manera que no importa que las plantas dispongan de suficiente cantidad de todos ellos, si sólo uno está en cantidad o proporción deficiente: ese es el que determina el crecimiento y rendimiento del cultivo (Ley del mínimo).

Según INIAP (2008), las respuestas del cultivo de arroz a la fertilización, depende del estado o nivel de fertilidad del suelo (estado físico – químico) que se conoce a partir de los distintos análisis, dentro de los factores climáticos se debe tener en cuenta las temperaturas extremas, sequías estacionales, heladas, el agua disponible y el ciclo del cultivo.

La fertilización es un factor decisivo en los cultivos y determinan los siguientes objetivos económicos: a) Reducción de costos; b) Aumento del beneficio por unidad de superficie y por unidad de fertilizante aplicado. Los efectos en el cultivo y su relación con los objetivos económicos determinan los puntos a seguir en lo referente a dosis, tipos de fertilizantes y su forma de aplicación de acuerdo a las condiciones reales de la explotación agrícola.

Carretero *et al.* (2002) indican que la fijación biológica del nitrógeno se basa en que la atmósfera es rica en nitrógeno, pero las plantas no pueden utilizarlo debido a que se encuentra en estado molecular (N^2). Solo unos pocos microorganismos procarióticos, pueden transformar el nitrógeno molecular en compuestos orgánicos utilizables por los seres vivos a través del proceso conocido como fijación biológica del nitrógeno (FBN) Los microorganismos de vida libre, tienen un escaso rendimiento por unidad de superficie, por lo que el interés se ha centrado en aquellos capaces de establecer relaciones más o menos estrechas con las plantas, capaces en algunos casos, de fijar hasta 250 Kg. de N por hectárea

y año. Los organismos más importantes son algunas bacterias capaces de formar asociaciones rizocenóticas con gramíneas (*Azospirillum*, *Azotobacter*, *Beijerinckia*).

Bacterias que establecen simbiosis con leguminosas (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*) actinomiceto simbióticos con plantas leñosas (*Frankia*) y algas cianofíceas que forman simbiosis con diversas plantas (*Nostoc*) o con helechos (*Anabaena*)

Werner (1990), señala que el nitrógeno, es necesario en algunas formas, para la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos heterótrofos del terreno. Si el material orgánico que se descompone tiene una cantidad de nitrógeno pequeña en relación al carbono presente (paja de trigo, tallos de cereales maduros). Los microorganismos utilizan algún NH_4^+ o NO_3^- presentes en el terreno posteriores a la descomposición. Este nitrógeno es necesario para permitir el rápido crecimiento de la población microbiana que acompaña a la adición del terreno de una gran proporción de material carbonado. Si por otra parte, el material añadido contiene mucho nitrógeno en proporción al carbono presente (alfalfa o trébol) no habrá normalmente descenso en el nivel de nitrógeno mineral del terreno.

Tucunango (2013) manifiesta que las plantas ejercen fuertes demandas de nutrientes, en los períodos críticos de desarrollo como es la floración e inicio de la fructificación; en otras palabras, las plantas crecen más rápido de lo que pueden absorber los nutrientes del suelo.

El propósito de una aplicación de fertilizantes, es suministrar una cantidad razonable de nutrientes, cuando la planta lo demande, durante sus etapas de desarrollo. Además, señala que la mayor o menor cantidad de granos, es el

resultado de la fotosíntesis y la respiración, éstas son actividades que están influenciadas directa o indirectamente por el contenido de nutrientes (CIAT 2006).

Castañeda y Conde (2002) indican que las aplicaciones de macro y microelementos simples, sobre un determinado periodo, puede causar deficiencias de otros microelementos por procesos antagónicos, por lo que se recomienda efectuar análisis de suelos y de plantas para determinar una adecuada fertilización.

Thompson y Troech (2002), indican que la mayor parte de los compuestos orgánicos vegetales contienen Nitrógeno. Entre los compuestos nitrogenados se encuentran los aminoácidos, los ácidos nucleicos, numerosas enzimas y materiales transportadores de energía como la clorofila, ADP (adenosin difosfato), ATP (adenosin trifosfato). Las plantas no pueden desarrollar sus procesos vitales si carece de nitrógeno, para construir sus procesos esenciales.

La absorción de nitrógeno, es rápida durante la primera etapa de su desarrollo hasta el final del período vegetativo, decae ligeramente durante el estado de máximo macollamiento y vuelve a ser absorbido con rapidez hasta la etapa de grano pastoso. La absorción de fósforo, es lenta hasta cuando se inicia el primordio floral, luego es un poco más rápida hasta poco después de la floración. El potasio, es absorbido según el crecimiento de la planta hasta el final de la etapa lechosa del grano y luego decae (CIAT 2005).

Sucre (2002) menciona que la importancia del nitrógeno en las plantas queda suficientemente probada, puesto que sabemos que participa en la composición de las más importantes sustancias orgánicas, tales como la clorofila, aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Un suministro adecuado de nitrógeno en la planta

produce: Rápido crecimiento, color verde intenso de las hojas, mejora la calidad de las hojas y aumento del contenido de proteínas y aumenta en la producción de hojas, frutos y semillas, etc.

Cada vez es más frecuente, la aparición de síntomas de carencia de alguno o de varios elementos y estas deficiencias repercuten sobre los rendimientos de los cultivos. Las causas fundamentales, por las que se producen estas deficiencias son:

- No existe en el suelo la cantidad suficiente, para alimentar la planta
- El suelo tiene suficiente cantidad del elemento en cuestión, pero no en forma asimilable.
- Las condiciones anormales del suelo (acidez, basicidad, materia orgánica, salinidad, etc.), impiden que la planta pueda absorber el elemento, produciendo varias deficiencias al mismo tiempo.

Barber (2007) define la eficiencia de los fertilizantes como el incremento en el rendimiento de la porción cosechada del cultivo por unidad de nutriente aplicado. La mayor eficiencia de un fertilizante, se obtiene con el primer incremento del fertilizante y la magnitud del incremento en el rendimiento, y éste disminuye necesariamente con cada incremento en el rendimiento, y disminuyendo con cada incremento adicional del fertilizante aplicado.

Las altas concentraciones de K y NH_4 tienden a restringir la disponibilidad de magnesio. Los granos de arroz, contienen más magnesio que la paja pero menos K y Ca que ésta. El arroz de secano, tiene el mejor nivel de magnesio del suelo para el crecimiento de la planta cuando cerca del 10 por ciento de la capacidad de intercambio de cationes (CIC) está saturada con

magnesio. En el caso del arroz en tierras húmedas, las deficiencias de magnesio son raras pero pueden aparecer cuando su concentración cae a menos de 3 - 4 por ciento del CIC y el pH es menor de 5,5 (FAO 2006).

El mismo autor, describe la deficiencia de magnesio y silicio en arroz:

Deficiencia de magnesio (Mg)

Los niveles moderados de deficiencia de magnesio, no afectan la altura de la planta y el número de tallos. Las hojas, se vuelven onduladas y caedizas, debido a la expansión del ángulo entre la lámina y la vaina de la hoja. La clorosis entre las nervaduras, se caracteriza por un color amarillo anaranjado en las hojas inferiores.

Deficiencia de silicio (Si)

El silicio, no es clasificado como un elemento esencial. Sin embargo, un buen cultivo de arroz toma del terreno 1 000 - 1 200 kg/ha de óxido de silicio. Los silicatos, se encuentran en la paja, la cáscara del grano y en los granos. El silicio tiene varias funciones en el crecimiento de la planta de arroz:

Una buena absorción de silicio, protege las plantas contra la infección de hongos e insectos y una buena capa cuticular de sílice, sirve como una barrera contra hongos, insectos y ácaros. Una mayor absorción de silicio, mantiene las hojas erectas y, por lo tanto, promueve una mejor fotosíntesis en los distintos doseles de hojas y, consecuentemente, mejora los rendimientos.

Un aumento de la absorción de silicio, disminuye las pérdidas por transpiración. Un aumento de la absorción de silicio, fortalece el poder oxidante de las raíces del arroz y disminuye una excesiva absorción de hierro y manganeso.

Andrade *et al.* (2001) manifiestan que el magnesio es un componente de la clorofila y de varias enzimas esenciales; sus funciones son similares a las del calcio. El silicio interviene en cuatro aspectos fundamentales:

En el crecimiento normal de las plantas, el silicio promueve el desarrollo de la planta porque fortalece las raíces y los tallos, favorece la formación temprana de la panícula, incrementa el número de espiguillas por panícula y el porcentaje de maduración de los granos.

En la economía de agua, cuando las plantas carecen de silicio sufren estrés si se colocan en ambientes en los que la transpiración se incrementa o la absorción de agua es muy deficiente; la absorción de silicio es crítica durante la iniciación de la panícula, cuando la actividad radical es más reducida y el nivel de transpiración es alto.

Referente a la resistencia a plagas y enfermedades una cutícula de silicio es una excelente barrera contra el ataque de hongos, insectos y ácaros porque constituye una barrera física. La aplicación de silicio, reduce la acción desfavorable del nitrógeno sobre la resistencia del arroz a las enfermedades como el añublo.

Respecto a los efectos en otros nutrimentos el silicio parece promover la traslocación de fósforo en la planta e impide su consumo excesivo, también facilita la absorción del fósforo del suelo por la planta.

Gómez (2007), las propiedades del mineral hacen que se utilice como fertilizante en la agricultura ecológica. El silicio, mejora la capacidad de asimilar y transportar los nutrientes en el suelo, lo que se traduce en plantas mejor alimentadas que dan más, poco o nada enfermizas y que optimizan al 20% mínimo las horas luz, revelan entre otras ventajas, investigaciones, libros especializados y testimonios de agrónomos y agro empresarios que empiezan a utilizarlo.

International Plant Nutrition Institute (2008), manifiesta los síntomas de deficiencia de Mg y Si. En la deficiencia de Mg, aparece primero como una clorolisis intervenal de color naranja-amarillenta en las hojas viejas. La deficiencia de Mg, también puede presentarse como una clorosis en la hoja bandera.

Según INIAP (2005) manifiesta que las deficiencias de magnesio, se manifiestan con la pérdida del color verde en las hojas que comienza de abajo hacia arriba, además las hojas presentan rayas amarillas con venas verdes., las hojas se tuercen hacia arriba o a lo largo de los bordes y se presentan tallos débiles.

Deficiencia de Silicio, aparecen hojas caídas en plantas con deficiencia de Si. La deficiencia de Si, es caracterizada por hojas con manchas cafés. En suelos orgánicos de Florida, las plantas de arroz tratadas con Si, fueron más resistentes al *Bipolaris oryzae* y *Pyricularia grisea* (INPOFOS 2004).

Las altas concentraciones de K y NH_4 , tienden a restringir la disponibilidad de magnesio. Los granos de arroz, contienen más magnesio que la paja pero menos K y Ca que esta. El arroz de secano, tiene el mejor nivel de magnesio del suelo para el crecimiento de la planta cuando cerca del 10 por ciento de la capacidad de intercambio de cationes (CIC) está saturada con magnesio. En el caso del arroz en tierras húmedas, las deficiencias de magnesio son raras pero pueden aparecer cuando su concentración cae a menos de 3 - 4 por ciento del CIC y el pH es menor de 5,5, (Mite 2002).

Los niveles moderados de deficiencia de magnesio no afectan la altura de la planta y el número de tallos. Las hojas se vuelven onduladas y caedizas debido a la expansión del ángulo entre la lámina y la vaina de la hoja. La clorosis entre las nervaduras se caracteriza por un color amarillo anaranjado en las hojas inferiores.

El silicio, no es clasificado como un elemento esencial. Sin embargo, un buen cultivo de arroz toma del terreno 1000 – 1200 kg/ha de óxido de silicio. Los silicatos se encuentran en la paja, la cáscara del grano y en los granos.

El silicio, tiene varias funciones en el crecimiento de la planta de arroz, ya que una buena absorción de silicio protege las plantas contra la infección de hongos e insectos, promueve una mejor fotosíntesis en los distintos doseles de hojas y, consecuentemente, mejora los rendimientos; además, un aumento de la absorción de silicio, disminuye las pérdidas por transpiración, fortalece el poder oxidante de las raíces del arroz y disminuye una excesiva absorción de hierro y manganeso, Goussain, et al (2003). Además, el Silicio tiene la propiedad de neutralizar la toxicidad de Aluminio, aumenta la resistencia de la planta a la salinidad, reduce lixiviación de P, N y K, ayuda a restaurar suelos desgastados y eleva la nutrición (Aleshin 1998).

2.4. Productos

EL Magnesio es un elemento importante ya que constituye el núcleo de la molécula de clorofila, el mismo que hace posible la fotosíntesis. Interviene en la formación de azúcares. Las plantas deficientes en este elemento presentan un color amarillento en las hojas bajas, producen poca materia seca, escasez de frutos y semillas. En suelos de PH ácidos es frecuente que la deficiencia de Ca vaya acompañada por la deficiencia de MgO, por esta razón Magnesil contiene los dos elementos en la porción requerida por las plantas. El Silicio presente en el Magnesil

en contacto con el suelo genera Acido Monosilícico que es la forma soluble que actúa en el suelo y la única forma química como las plantas pueden tomar Silicio del suelo (Fertiandino, 2019).

Contenido de Magnesio Total (MgO): 32.0% Magnesio, contenido de Silicio Total (SiO₂): 34,0%. Magnesil puede ser aplicado en una diversidad de cultivos como: banano, arroz, maíz, palma, brócoli, forraje entre otros. La dosis varia de 2 a 3 sacos/ha, o según recomendaciones del técnico y/o exigencias del cultivo, basados en análisis de suelos y foliares.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características del sitio experimental

El presente trabajo experimental se realizó en los terrenos del Proyecto de Riego Cedege de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicado en el Km 12,5 de la vía Babahoyo – Montalvo, entre las coordenadas geográficas UTM 9834140 Norte y 666880 Este con una altura de 8 m.s.n.m.

La zona presenta un clima tropical húmedo, con una temperatura media anual de 24,7 °C; una precipitación anual 1976 mm; humedad relativa 85 % y 998,2 horas de heliofanía de promedio anual. El suelo es de origen aluvial, topografía plana, textura franco arcillosa, drenaje y fertilidad regular⁴.

3.2. Material de siembra

Se empleará como material de siembra la variedad de arroz SFL-11⁵, la cual presenta las siguientes características:

| Cracterística | SFL 11 |
|------------------------------------|-----------|
| Ciclo Vegetativo (Días) | 127-131 |
| Altura de planta (cm) | 126 cm |
| Número de panícula/planta | 19-24 |
| Longitud de grano mm | 7,5 |
| Nivel de tolerancia a enfermedades | Tolerante |
| Rendimiento de grano t/ha | 6-8 |

⁴ Fuente: Mapa de suelos SECS, 2017

⁵ Fuente: www.iniap.gob.ec/semillasarroz

3.3. Variables Estudiadas

Variable dependiente: Comportamiento agronómico y rendimiento de arroz.

Variable independiente: Dosis de fertilizante con magnesio y silicio.

3.4. Métodos

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

3.5. Tratamientos

Los tratamientos se describen a continuación:

Cuadro 1. Tratamientos a estudiarse. Babahoyo, 2019.

| Tratamiento | Dosis kg/ha | | | | |
|-------------|-------------|----|----|----|-----|
| | N | P | K | Mg | Si |
| T1 | 135 | 30 | 90 | 16 | 17 |
| T2 | 135 | 30 | 90 | 32 | 34 |
| T3 | 135 | 30 | 90 | 48 | 51 |
| T4 | 135 | 30 | 90 | 64 | 68 |
| T5 | 135 | 30 | 90 | 80 | 85 |
| T6 | 135 | 30 | 90 | 96 | 102 |
| T7 | 92 | - | 30 | - | - |

3.6. Diseño experimental y análisis funcional

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

3.6.1. Análisis de varianza

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

3.6.2. Características del área experimental

| Descripción | Dimensión |
|----------------------------|-----------------------|
| Ancho de parcela | : 4,0 m |
| Longitud de parcela | : 5,0 m |
| Área de la parcela | : 20,0 m ² |
| Área total del experimento | : 820 m ² |

3.7. Manejo del Ensayo.

Se realizó todas las labores establecidas para el manejo del cultivo y así tenga un normal desarrollo.

3.7.1 Preparación del terreno

La preparación del suelo se realizó mediante dos pases de arado y dos de fangueo, para dejar el suelo en condición óptima de siembra..

3.7.2 Siembra

La siembra se realizó por el sistema de trasplante, con un distanciamiento de siembra de 0,30 m entre hileras y 0,30 m entre golpe, colocando 6 hilos (número de plantas) por golpe, en suelo húmedo. El semillero fue cuidado de manera adecuada para garantizar plántulas en activo crecimiento, regándose a los 21 días después de la siembra.

3.7.3 Control de malezas

La aplicación de los herbicidas se realizó en post-siembra a 10 días después de esta, los productos empleados fueron Pendimetalin (2,5 l ha⁻¹) en mezcla con Butaclor (3,0 l ha⁻¹). A los 30 días después de la siembra se utilizó un compuesto de Bispiribac sodium, (0,15 l ha⁻¹), 2-4 D amina (0,3 l ha⁻¹) y Bensulfuron (0,15 kg ha⁻¹).

Una vez que el cultivo alcanzó los 65 días después de la siembra se aplicó para el control de malezas Cyhalofop 1,5 l ha⁻¹, cuando las malezas alcanzaron un adecuado tamaño para su eliminación. Para las aplicaciones de los herbicidas se optó por un atomizador de mochila CP-3 a presión de 50 (PSI), con boquilla para cobertura de 2 m.

3.7.4 Control fitosanitario

Los problemas con insectos se controlaron con aplicación de Clorpirifos (0,75 l ha⁻¹) a los 15 días después del trasplante. Cuando el cultivo tuvo 25 días se aplicó Spinetoram (0,15 l ha⁻¹) y a los 55 días Lufenuron (0,5 l ha⁻¹), debido al aumento en el umbral económico.

Para evitar pérdidas por la presencia de enfermedades que ataquen hojas y granos (*Cercospora*, *Hemilthosporium*, *Sarocladium* y *Rhizotonia*), se aplicó 45 días después de la siembra, Amistar Top (Azoxistrobina + Difenconazole) en dosis 0,35 l ha⁻¹). Posteriormente a los 60 días se realizó asperjo Silvacur (Tebuconazol + Triadimenol) con el 5 % de floración en dosis de 0.7 l ha⁻¹.

3.7.5 Riego

Se realizaron los riegos con una frecuencia de 20 días, para lo cual se utilizó el sistema de inundación, con una bomba de 3 pulgadas. En lo posible se trató de mantener una lámina de agua de 5 cm sobre el campo.

3.7.6 Fertilización

El programa de fertilización se realizó según el cuadro de tratamientos planteado, para el efecto las aplicaciones fueron efectuadas a los 17, 35 y 45 días después de la siembra, en dosis fraccionadas por igual. La colocación del fertilizante se hizo de manera manual al voleo sobre cada unidad experimental, dependiendo de la dosis calculada.

En el testigo químico NPK fue tratado con Muriato de potasio 150 kg ha^{-1} (50 % en la siembra y 50 % a los 35 días) y el fósforo en forma de DAP 50 kg ha^{-1} (100 % a la siembra). Para el nitrógeno se aplicó Urea 250 kg ha^{-1} (17-35-45 días después de la siembra), siendo la fuente de azufre sulfato de amonio 50 kg ha^{-1} colocado en el suelo a los 17 y 35 días después de la siembra.

Como fuente de silicio y magnesio se utilizó Silicato de magnesio - Magnesil (32 % Mg – 34 % Silicio), aplicado en 100 % en la preparación de suelo. La aplicación de microelementos fue realizada con fertilizantes foliares Metalosato Boro ($0,3 \text{ l ha}^{-1}$) y Metalosato Zn ($0,3 \text{ l ha}^{-1}$) a los 37 días después de la siembra.

3.7.7 Cosecha

La cosecha se realizó en cada parcela experimental de forma manual, cuando los granos alcanzaron la madurez fisiológica.

3.8. Datos Evaluados.

3.8.1 Altura de planta a cosecha

Se evaluó en diez plantas al azar de cada tratamiento, se registró en centímetros el valor obtenido. Se tomó a la cosecha con un flexómetro, midiendo desde la base de la planta hasta el ápice de la hoja bandera.

3.8.2 Número de macollos por metro cuadrado

En el área útil de cada unidad experimental se contó el número de macollos efectivos en diez plantas tomadas al azar. Esta variable se midió a la cosecha, para esto se lanzó un marco de madera con un 1 m² de área.

3.8.3 Número de panículas por metro cuadrado

En las mismas plantas antes contabilizadas se procedió al conteo de panículas, al momento de la cosecha.

3.8.4 Longitud de panícula

La evaluación fue estimada escogiendo diez panículas al azar en cada tratamiento, midiendo la longitud desde la base el ápice más sobresaliente, expresando este valor en centímetros.

3.8.5 Número de granos por panícula

En esta variable se contó los granos de diez panículas al azar por cada tratamiento, para lo cual se utilizó el total de granos presentes en cada panícula.

3.8.6. Peso de mil granos

Se seleccionó 1000 granos obtenidos en cada unidad experimental, teniendo en cuenta que los mismos no tuvieran dañados físicos. Estos fueron pesados en una balanza de precisión y su promedio se expresó en gramos.

3.8.7 Días a la floración.

Fue contabilizado desde el momento de la siembra hasta cuando el cultivo presentó más del 50 % de panículas emergidas.

3.8.8 Días a la cosecha

Se estimó desde el inicio de siembra hasta la cosecha total por cada unidad experimental.

3.8.9 Rendimiento por hectárea

Esta variable fue evaluada en función del peso de los granos derivados del área útil de cada unidad, con un porcentaje de humedad ajustado al 13 %, este peso se llevó a kilogramos por hectárea. Para el caso se empleó la fórmula para ajustes de humedad⁶:

$$Pu = Pa (100 - ha) / (100 - hd)$$

Pu= Peso uniformizado

Pa= Peso actual

ha= Humedad actual

hd= Humedad deseada.

3.8.10 Productividad Parcial por nutriente

Fue basado en la cantidad de nutrientes necesarios para producir una tonelada de producto final⁷. Se estimó 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 del nutriente aplicado

3.8.11 Análisis económico.

Obtenido los rendimientos y los costos del ensayo, se realizó el análisis económico basado en el costo de los tratamientos y los ingresos del cultivo⁸.

⁶ Azcon-Bieto, J., Talon M. (2003). Fundamentos de Fisiología Vegetal. Ed. McGraw-Hill. España. 625p.

⁷ Snyder, J. Bruulsema, M. (2007). Nutrient use efficiency and effectiveness in North America: Indices of agronomic and environmental benefit. IPNI.

⁸ Martínez, L. (2002). Economía política de las comunidades agropecuarias del Ecuador, Abya Yala, Quito.

IV. RESULTADOS

4.1. Altura de planta

En el Cuadro 3, se observan los promedios de la variable altura de planta. El análisis de varianza no reportó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 4,54 %.

El análisis de varianza determinó que el tratamiento T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) tuvo la mayor altura (1,18 m), siendo el tratamiento T3 135-30-90-48-51 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) -el que presentó menor promedio (1,08 m).

Cuadro 3. Altura de planta, en respuesta agronómica del cultivo de arroz (*Oryza sativa*) a la aplicación de fertilizantes a base de Silicio y Magnesio en la zona de Babahoyo. 2020.

| Tratamiento | kg/ha | | | | | Altura (m) |
|---------------------------|-------|----|----|----|----|------------|
| | N | P | K | Mg | Si | |
| Tratamiento 1 | 135 | 30 | 90 | 16 | 17 | 1,17 a |
| Tratamiento 2 | 135 | 30 | 90 | 32 | 34 | 1,10 a |
| Tratamiento 3 | 135 | 30 | 90 | 48 | 51 | 1,08 a |
| Tratamiento 4 | 135 | 30 | 90 | 64 | 68 | 1,18 a |
| Tratamiento 5 | 135 | 30 | 90 | 80 | 80 | 1,10 a |
| Tratamiento 6 | 135 | 30 | 90 | 96 | 96 | 1,11 a |
| Testigo | 92 | - | 30 | - | - | 1,10 a |
| Promedio General | | | | | | 1,11 |
| Significancia Estadística | | | | | | Ns |
| Coeficiente de variación | | | | | | 4,54 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey 5 %.

**= altamente significativo

Ns: No significativa

4.2. Número de macollos/m²

Los promedios de número de macollos/m² se registran en el Cuadro 4. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas y el coeficiente de variación fue 10,87 %.

El tratamiento T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) con 427,67 macollos/m² fue estadísticamente superior al resto de tratamientos planteados. El menor promedio fue encontrado en el Testigo sin aplicación.

Cuadro 4. Número de macollos/m², en respuesta del cultivo de arroz a la aplicación de fertilizantes con Silicio y Magnesio en la zona de Babahoyo. 2020.

| Tratamiento | kg/ha | | | | | macollos |
|---------------------------|-------|----|----|----|----|----------|
| | N | P | K | Mg | Si | |
| Tratamiento 1 | 135 | 30 | 90 | 16 | 17 | 325,33 b |
| Tratamiento 2 | 135 | 30 | 90 | 32 | 34 | 286,00 b |
| Tratamiento 3 | 135 | 30 | 90 | 48 | 51 | 295,33 b |
| Tratamiento 4 | 135 | 30 | 90 | 64 | 68 | 424,67 a |
| Tratamiento 5 | 135 | 30 | 90 | 80 | 80 | 271,57 b |
| Tratamiento 6 | 135 | 30 | 90 | 96 | 96 | 368,67 b |
| Testigo | 92 | - | 30 | - | - | 279,67 b |
| Promedio General | | | | | | 314,33 |
| Significancia Estadística | | | | | | ** |
| Coeficiente de variación | | | | | | 10,87 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey 5 %.

**= altamente significativo

4.3. Número de panículas/m²

Los valores de número de panículas/m² muestran el análisis de varianza con diferencias altamente significativas y el coeficiente de variación 10,85 % (Cuadro 5).

El tratamiento T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) con 414,67 panículas/m² fue estadísticamente superior al resto de tratamientos planteados. El menor promedio fue encontrado en el Testigo sin aplicación.

Cuadro 5. Número de panículas/m², en respuesta del cultivo de arroz a la aplicación de fertilizantes con Silicio y Magnesio. FACIAG, UTB. 2020

| Tratamiento | kg/ha | | | | | Panículas/m ² |
|---------------------------|-------|----|----|----|----|--------------------------|
| | N | P | K | Mg | Si | |
| Tratamiento 1 | 135 | 30 | 90 | 16 | 17 | 320,33 b |
| Tratamiento 2 | 135 | 30 | 90 | 32 | 34 | 266,00 b |
| Tratamiento 3 | 135 | 30 | 90 | 48 | 51 | 275,33 b |
| Tratamiento 4 | 135 | 30 | 90 | 64 | 68 | 414,67 a |
| Tratamiento 5 | 135 | 30 | 90 | 80 | 80 | 251,57 b |
| Tratamiento 6 | 135 | 30 | 90 | 96 | 96 | 358,67 b |
| Testigo | 92 | - | 30 | - | - | 259,67 b |
| Promedio General | | | | | | 294,33 |
| Significancia Estadística | | | | | | ** |
| Coeficiente de variación | | | | | | 10,85 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey 5 %.

**= altamente significativo

4.4. Longitud de panículas

En el Cuadro 6, se reportan los promedios de la variable longitud de panícula. El análisis de varianza reportó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 4,74 %.

El tratamiento T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) con 28,8 cm fue estadísticamente superior al resto de tratamientos planteados. El menor promedio fue encontrado en el Testigo sin aplicación (23,1 cm).

Cuadro 6. Longitud de panícula, en respuesta del cultivo de arroz a la aplicación de fertilizantes con Silicio y Magnesio. FACIAG, UTB. 2020.

| Tratamiento | kg/ha | | | | | Longitud Cm |
|---------------------------|-------|----|----|----|----|----------------|
| | N | P | K | Mg | Si | |
| Tratamiento 1 | 135 | 30 | 90 | 16 | 17 | 25,1 b |
| Tratamiento 2 | 135 | 30 | 90 | 32 | 34 | 24,4 b |
| Tratamiento 3 | 135 | 30 | 90 | 48 | 51 | 24,7 b |
| Tratamiento 4 | 135 | 30 | 90 | 64 | 68 | 28,8 a |
| Tratamiento 5 | 135 | 30 | 90 | 80 | 80 | 23,4 b |
| Tratamiento 6 | 135 | 30 | 90 | 96 | 96 | 24,5, b |
| Testigo | 92 | - | 30 | - | - | 23,1 b |
| Promedio General | | | | | | 24,36 |
| Significancia Estadística | | | | | | ** |
| Coeficiente de variación | | | | | | 4,74 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey 5 %.

**= altamente significativo

4.5. Número de granos por panículas

Los promedios de número de granos por panículas se registran en el Cuadro 7. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas y el coeficiente de variación fue 8,30 %.

El tratamiento T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) con 141,00 granos/panícula fue estadísticamente superior al resto de tratamientos planteados. El menor promedio fue hallado en el Testigo sin aplicación (102 granos/panícula).

Cuadro 7. Número de granos por panículas, en respuesta del cultivo de arroz a la aplicación de fertilizantes con Silicio y Magnesio. FACIAG, UTB. 2020.

| Tratamiento | kg/ha | | | | | Granos panícula |
|---------------------------|-------|----|----|----|----|-----------------|
| | N | P | K | Mg | Si | |
| Tratamiento 1 | 135 | 30 | 90 | 16 | 17 | 124,00 b |
| Tratamiento 2 | 135 | 30 | 90 | 32 | 34 | 109,67 b |
| Tratamiento 3 | 135 | 30 | 90 | 48 | 51 | 107,33 b |
| Tratamiento 4 | 135 | 30 | 90 | 64 | 68 | 141,00 a |
| Tratamiento 5 | 135 | 30 | 90 | 80 | 80 | 107,33 b |
| Tratamiento 6 | 135 | 30 | 90 | 96 | 96 | 116,67 b |
| Testigo | 92 | - | 30 | - | - | 102,00 b |
| Promedio General | | | | | | 115,43 |
| Significancia Estadística | | | | | | ** |
| Coeficiente de variación | | | | | | 8,30 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la Prueba de Tukey 5%.

**= altamente significativo

4.6. Peso de mil granos

Los valores del peso de 1000 granos se detallan en el Cuadro 8. El análisis de varianza no detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 2,83 %.

El tratamiento T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) con 33,00 presentó el mayor peso, mientras el menor peso fue reportado en los tratamientos T1 135-30-90-16-17 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) y T2 135-30-90-32-34 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si), con 31,33 g, respetivamente.

Cuadro 8. Peso de 1000 granos (g), en respuesta del cultivo de arroz a la aplicación de fertilizantes con Silicio y Magnesio. FACIAG, UTB. 2020.

| Tratamiento | kg/ha | | | | | Peso (g) |
|---------------------------|-------|----|----|----|----|----------|
| | N | P | K | Mg | Si | |
| Tratamiento 1 | 135 | 30 | 90 | 16 | 17 | 31,33 a |
| Tratamiento 2 | 135 | 30 | 90 | 32 | 34 | 31,33 a |
| Tratamiento 3 | 135 | 30 | 90 | 48 | 51 | 32,67 a |
| Tratamiento 4 | 135 | 30 | 90 | 64 | 68 | 33,00 a |
| Tratamiento 5 | 135 | 30 | 90 | 80 | 80 | 31,67 a |
| Tratamiento 6 | 135 | 30 | 90 | 96 | 96 | 31,67 a |
| Testigo | 92 | - | 30 | - | - | 32,00 a |
| Promedio General | | | | | | 31,95 |
| Significancia Estadística | | | | | | Ns |
| Coeficiente de variación | | | | | | 2,83 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey 5 %.

**= altamente significativo

Ns: No significativa

4.7. Días a la floración

Los promedios de días a floración se observan en el Cuadro 9. El análisis de varianza detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 1,12 %.

El tratamiento T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) con 78,00 días, T1 135-30-90-16-17 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) con 76,33 días, T2 135-30-90-32-34 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) con 76,33 días y T6 135-30-90-96-96 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) con 77,33 días; fueron estadísticamente igual entre si y superiores al resto de tratamientos. Mientras el menor peso fue reportado en el testigo.

Cuadro 9. Días a floración, en respuesta del cultivo de arroz a la aplicación de fertilizantes con Silicio y Magnesio. FACIAG, UTB. 2020.

| Tratamiento | kg/ha | | | | | Días floración |
|---------------------------|-------|----|----|----|----|----------------|
| | N | P | K | Mg | Si | |
| Tratamiento 1 | 135 | 30 | 90 | 16 | 17 | 76,33 a |
| Tratamiento 2 | 135 | 30 | 90 | 32 | 34 | 76,63 a |
| Tratamiento 3 | 135 | 30 | 90 | 48 | 51 | 73,67 b |
| Tratamiento 4 | 135 | 30 | 90 | 64 | 68 | 78,00 a |
| Tratamiento 5 | 135 | 30 | 90 | 80 | 80 | 73,67 b |
| Tratamiento 6 | 135 | 30 | 90 | 96 | 96 | 77,33 a |
| Testigo | 92 | - | 30 | - | - | 73,00 b |
| Promedio General | | | | | | 75,47 |
| Significancia Estadística | | | | | | ** |
| Coeficiente de variación | | | | | | 1,12 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey 5 %.

**= altamente significativo

Ns: No significativo

4.8. Días a la cosecha

Los valores de días a cosecha se describen en el Cuadro 9. El análisis de varianza detectó diferencias significativas y el coeficiente de variación fue 0,69 %.

El tratamiento T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) con 123,00 días, fue estadísticamente superior al resto de tratamientos. Mientras el menor peso fue reportado en el tratamiento T3 135-30-90-48-51 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) y testigo con 118,33 días, respectivamente.

Cuadro 10. Días a floración, en respuesta del cultivo de arroz a la aplicación de fertilizantes con Silicio y Magnesio. FACIAG, UTB. 2020.

| Tratamiento | kg/ha | | | | | Días cosecha |
|---------------------------|-------|----|----|----|----|--------------|
| | N | P | K | Mg | Si | |
| Tratamiento 1 | 135 | 30 | 90 | 16 | 17 | 119,67 b |
| Tratamiento 2 | 135 | 30 | 90 | 32 | 34 | 120,00 b |
| Tratamiento 3 | 135 | 30 | 90 | 48 | 51 | 118,33 b |
| Tratamiento 4 | 135 | 30 | 90 | 64 | 68 | 123,00 a |
| Tratamiento 5 | 135 | 30 | 90 | 80 | 80 | 118,00 b |
| Tratamiento 6 | 135 | 30 | 90 | 96 | 96 | 121,00 b |
| Testigo | 92 | - | 30 | - | - | 118,33 b |
| Promedio General | | | | | | 119,76 |
| Significancia Estadística | | | | | | ** |
| Coeficiente de variación | | | | | | 0,69 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey 5 %.

**= altamente significativo

Ns: No significativo

4.9. Rendimiento por hectárea

En el Cuadro 9, se reportan los promedios de rendimiento en kg/ha. El análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas y el coeficiente de variación fue 6,21 %.

El tratamiento T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) con 8689,04 kg/ha, fue estadísticamente superior al resto de tratamientos. Mientras el menor peso fue reportado en el testigo con 4600,07 kg/ha.

Cuadro 11. Rendimiento (kg/ha), en respuesta del cultivo de arroz a la aplicación de fertilizantes con Silicio y Magnesio. FACIAG, UTB. 2020.

| Tratamiento | kg/ha | | | | | kg/ha |
|---------------------------|-------|----|----|----|----|-----------|
| | N | P | K | Mg | Si | |
| Tratamiento 1 | 135 | 30 | 90 | 16 | 17 | 6321,54 b |
| Tratamiento 2 | 135 | 30 | 90 | 32 | 34 | 4921,12 b |
| Tratamiento 3 | 135 | 30 | 90 | 48 | 51 | 5209,40 b |
| Tratamiento 4 | 135 | 30 | 90 | 64 | 68 | 8689,04 a |
| Tratamiento 5 | 135 | 30 | 90 | 80 | 80 | 4636,50 b |
| Tratamiento 6 | 135 | 30 | 90 | 96 | 96 | 6820,16 b |
| Testigo | 92 | - | 30 | - | - | 4600,07 b |
| Promedio General | | | | | | 5885,61 |
| Significancia Estadística | | | | | | ** |
| Coeficiente de variación | | | | | | 16,34 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey 5 %.

**= altamente significativo

Ns: No significativo

4.10. Productividad Parcial

En el Cuadro 10 se detallan los valores obtenidos de productividad parcial por nutriente (PPN), con el rendimiento del cultivo.

El testigo logro el mayor valor en productividad parcial total 37,71, sin embargo, la productividad parcial neta fue mayor en el tratamiento T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) 10,57.

Cuadro 12. Productividad Parcial en respuesta del cultivo de arroz a la aplicación de fertilizantes con Silicio y Magnesio. FACIAG, UTB. 2020.

| Tratamientos | Dosis kg/ha | Productividad Parcial | |
|---------------|----------------|--------------------------|-------|
| | | Total | Neta |
| Tratamiento 1 | 288 | 21,95 | 5,98 |
| Tratamiento 2 | 321 | 15,33 | 1,00 |
| Tratamiento 3 | 354 | 14,72 | 1,72 |
| Tratamiento 4 | 387 | 22,45 | 10,57 |
| Tratamiento 5 | 415 | 11,17 | 0,09 |
| Tratamiento 6 | 447 | 15,26 | 4,97 |
| Testigo | 122 | 37,71 | 0 |

4.11. Evaluación económica

El Cuadro 11 muestra los productos de la evaluación económica hecha a los ingresos de los tratamientos.

El tratamiento T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) alcanzó el mayor beneficio con \$1310,03, sin embargo, los menores ingresos fueron conseguidos en el testigo con \$ 1533,57.

Cuadro 13. Análisis económico de los tratamientos, en respuesta del cultivo de arroz a la aplicación de fertilizantes con Silicio y Magnesio. FACIAG, UTB. 2020.

| Tratamientos | kg/ha | Ingreso | Costo Producción | Costos fertilización 1 | Costos fertilización 2 | Costos cosecha | Costo Total | Utilidad | B/C |
|---------------------|--------------|----------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|------------|
| Tratamiento 1 | 6321,54 | 2190,63 | 1150,85 | 256,2 | 13,75 | 173,86 | 1594,66 | 595,97 | 1,37 |
| Tratamiento 2 | 4921,12 | 1705,34 | 1150,85 | 256,2 | 27,50 | 135,34 | 1569,90 | 135,44 | 1,09 |
| Tratamiento 3 | 5209,40 | 1805,24 | 1150,85 | 256,2 | 41,25 | 143,27 | 1591,57 | 213,66 | 1,13 |
| Tratamiento 4 | 8689,04 | 3011,05 | 1150,85 | 256,2 | 55,00 | 238,97 | 1701,02 | 1310,03 | 1,77 |
| Tratamiento 5 | 4636,50 | 1606,71 | 1150,85 | 256,2 | 68,75 | 127,52 | 1603,32 | 3,39 | 1,00 |
| Tratamiento 6 | 6820,16 | 2363,42 | 1150,85 | 256,2 | 82,50 | 187,57 | 1677,12 | 686,30 | 1,41 |
| Testigo | 4600,07 | 1594,08 | 1150,85 | 256,2 | 0,00 | 126,51 | 1533,57 | 60,52 | 1,04 |

V. CONCLUSIONES

Los resultados encontrados generan las siguientes conclusiones:

1. No se logró significancia estadística en las variables altura de planta y peso de grano.
2. Mayor cantidad de macollos por metro cuadrado fue encontrada aplicando el tratamiento 4 con las dosis 135 kg/ha de Nitrógeno -30 kg/ha Fostoro -90 kg/ha de Potasio -64 kg/ha de Magnesio y -68 kg/ha de Silicio.
3. Los promedios de panículas por metro cuadrado fueron mayores colocando en el suelo el tratamiento 4.
4. La variable longitud de panículas tuvo mayor promedio fertilizando con tratamiento 4 con las dosis 135 kg/ha de Nitrógeno -30 kg/ha Fostoro -90 kg/ha de Potasio -64 kg/ha de Magnesio y -68 kg/ha de Silicio.
5. Mayor número de granos se obtuvo aplicando tratamiento 4 con las dosis 135 kg/ha de Nitrógeno -30 kg/ha Fostoro -90 kg/ha de Potasio -64 kg/ha de Magnesio y -68 kg/ha de Silicio.
6. El mayor rendimiento se reflejó aplicando T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si)
7. El tratamiento tratamiento 4 con las dosis 135 kg/ha de Nitrógeno -30 kg/ha Fostoro -90 kg/ha de Potasio -64 kg/ha de Magnesio y -68 kg/ha de Silicio. alcanzó el mayor beneficio con \$1310,03.

VI. RECOMENDACIONES

En base a estas conclusiones se recomienda:

1. Aplicar tratamiento 4 con las dosis 135 kg/ha de Nitrógeno -30 kg/ha Fostoro -90 kg/ha de Potasio -64 kg/ha de Magnesio y -68 kg/ha de Silicio. para incrementar y mejorar la producción de arroz.
2. Utilizar para la siembra del cultivo la variedad SFL-11 por su buen comportamiento agronómico en la zona de estudio.
3. Realizar investigaciones semejantes con otros genotipos, fertilizantes y bajo diferentes condiciones de manejo agronómico.

VII. RESUMEN

El trabajo experimental se realizó en los terrenos de la Granja Experimental “Palmar” propiedad de la Univesridad Tecnica de Babahoyo., en el cantón Babahoyo, la variedad de arroz utilizada fue SFL-11, en el cual se determinó el efecto de la aplicación de silicato de magnesio sobre la producción de arroz bajo riego. Con esto se evaluó los efectos de las dosis de los productos sobre el comportamiento agronómico y un análisis económico del rendimiento de grano en función al costo de los tratamientos. Se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar, con 7 tratamientos y tres repeticiones. Se evaluaron las variables: altura de planta, número de macollos, número de panículas, longitud de panículas, número de granos por panícula, peso de 100 granos, días a floración, días a cosecha, rendimiento de grano, productividad parcial por nutriente y análisis económico. Las variables evaluadas fueron expuestas al análisis de varianza, y se aplicó la prueba de Tukey al 5% de significancia para determinar la diferencia estadística entre las medias de los tratamientos. Observados los resultados experimentales se encontró que existió variabilidad en el crecimiento de las plantas tratadas con las diversas fuentes. Además, se produjo una Mayor cantidad de macollos por metro cuadrado con la aplicación de T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si). Mientras que el número de panículas fue hallado con T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si). No fue posible encontrar significancia estadística en las variables altura de planta y peso de grano. Mayor rendimiento (8689,04 kg ha^{ha}) se tuvo con T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si). Valores mayores de PPN fueron altas para T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) con relación al testigo no tratado.

Palabras Claves: Arroz, Magnesio, Fertilización, Fertilizantes Completo.

VIII. SUMMARY

The experimental work was carried out on the grounds of the "Palmar" Experimental Farm owned by the Technical University of Babahoyo., In the Babahoyo canton, the variety of rice used was SFL-11, in which the effect of the application of magnesium silicate on irrigated rice production. With this, the effects of the doses of the products on the agronomic behavior and an economic analysis of the grain yield based on the cost of the treatments were evaluated. The randomized complete blocks experimental design was used, with 7 treatments and three repetitions. Variables were evaluated: plant height, number of tillers, number of panicles, length of panicles, number of grains per panicle, weight of 100 grains, days to flowering, days to harvest, grain yield, partial productivity per nutrient and analysis. economic. The evaluated variables were exposed to the analysis of variance, and the Tukey test was applied at 5% significance to determine the statistical difference between the means of the treatments. Observing the experimental results, it was found that there was variability in the growth of the plants treated with the various sources. In addition, a greater amount of tillers per square meter was produced with the application of T4 135-30-90-64-68 kg / ha (N-P-K-S-Mg-Si). While the number of panicles was found with T4 135-30-90-64-68 kg / ha (N-P-K-S-Mg-Si). It was not possible to find statistical significance in the variables plant height and grain weight. Higher yield (8689,04 kg/ha) was obtained with T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si). Higher PPN values were high for T4 135-30-90-64-68 kg/ha (N-P-K-S-Mg-Si) in relation to the untreated control.

Key Words: Rice, Magnesium, Fertilization, Complete Fertilizers.

IX. LITERATURA CITADA

1. Andrade, F., Maridueña, M., Celi, R., Vivas, L., Peñaherrera, L. 2001. Cultivo de arroz. Ecuador. Estación Experimental Boliche. 200p.
2. Barber, S.A. 2007. Efficient fertilizer use agronomic research for food. Am. Soc. Agron. Spec. Publ. 26. Madison, Wisconsin.
3. Castañeda, P., Conde, A. 2002. Pruebas de campo de fertilizantes multiminerales en la costa sur de Guatemala. Dwayne Sanead. USA. p 213-216.
4. CIAT (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL), 2006. Investigación de frijol en beneficio a Costa Rica, Nuevo Método produce mayor resistencia al (BGMV) Cali – Colombia. p 9.
5. CIAT. 2005. Arroz: Investigación y Producción. Los macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. Cali, Colombia. p 108.
6. FAOSTAT. 2013. Estadística en la Producción de arroz (en línea). Consultado el 7 enero del 2020. Disponible en www.fao.org/docrep.
7. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2006. Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. (en línea). Consultado el 7 ago 2008. Disponible en www.fao.org/docrep.
8. Fertiandino. 2019. Catálogo de productos. Disponible en www.fertiandino.com. Documento Pdf.
9. Gómez, JC. 2007. Silicio potencializa el sistema radicular y eleva producción (en línea). Consultado 7 ago 2019. Disponible en www.eluniverso.com.
10. INDIA-PRONACA. (2017). Manual y catálogo de semillas comerciales de arroz. Disponible en <http://www.indiaec.com/catalogo/semillas/arroz.htm>. Consultado el 5 enero del 2020.

11. INFOAGRO. (2014). Estadística en la Producción de arroz (en línea). Disponible en <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>. Consultado el 5 enero del 2020.
12. INIAP, 2008. Evaluación de un vivero de adaptación y rendimiento de 12 líneas promisorias de fréjol arbustivo. Estación experimental Santa Catalina, Programa de Oleaginosas. Pp. 14 –15.
13. INIAP. 2005. Variedad de arroz tiene menos riesgos (en línea). Consultado 7 ago 2019. Disponible en www.eluniverso.com.
14. IPNI (INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE). 2008. Identificación de los problemas nutricionales en arroz. Consultado 23 enero 2020. Disponible en www.ipni.net.
15. Instituto el fosforo y Potasa - INPOFOS. 2004. Manual del uso del potasio-calcio y magnesio. INPOFOS, México, 3 ed. p 25-38.
16. K+S KALI GmbH. (2017). Nitrógeno. Disponible en: http://www.kali-gmbh.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/nitrogen.html. Consultado: 10-01-2020.
17. Mestanza, S., Alcivar, S. 2008. Guía del cultivo del Arroz. La fertilización del cultivo de arroz en Ecuador. FENEARROZ. P. 32.
18. Quintero, C. (2017). Obtenido de Fertilización para altos rendimientos de Arroz. Disponible: <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/fertilizacion-altos-rendimientos-arroz-t40444.htm>. Consultado 07-01-2020.
19. Rodriguez, F. 2004. Fertilizantes: Nutrición Vegetal. Editorial Limusa. México D.F. p 125.
20. Sucre, L. 2002. Respuesta de arroz en condiciones de riego a la fertilización nitrogenada y aspersiones de fertilizantes foliares. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Babahoyo.
21. Thompson, L. M., TROEH, F. 2002. Lo suelos y su fertilidad. Editorial Reverté, S. A. España. Pp. 229-231.

22. Tucunango, W. 2013. Nutrición mineral de las plantas. Fitosan S.A.
Guayaquil- Ecuador. p 5.

Apéndice

IMAGENES DEL ENSAYO



Figura 1. Preparación de terreno.



Figura 2. Siembra del experimento.



Figura 3. Aplicación de tratamientos.



Figura 4. Estaquillo y distribución de parcelas.



Figura 5. Diferencias entre tratamientos.



Figura 6. Control de plagas.



Figura 7. Aplicación de herbicidas.



Figura 8. Toma de altura de planta.



Figura 9. Longitud de paniculas.



Figura 10. Toma de numero de macollos.

COSTOS DE PRODUCCION DE ARROZ

| Rubros | Producto | Unidad | Unidades | Usd/Unitario | 2018 |
|--------------------------------|--------------|--------|----------|--------------|---------------|
| | | | | | Usd/ha |
| Preparación del Suelo | Tractor | ha | 4 | 30 | 120 |
| Semilla | Semilla | saco | 2 | 55 | 110 |
| Siembra | arroz | jornal | 25 | 15 | 375 |
| Control Químico | | | | | |
| Insecticidas | | | | | |
| | Cloririfos | 1 | 0,75 | 26 | 19,5 |
| | Spinetoram | 150 cc | 1,5 | 15 | 22,5 |
| | Lufenuron | 1 | 0,5 | 28 | 14 |
| Herbicidas | | | | | |
| | Pendimetalin | 1 | 2,5 | 9,1 | 22,75 |
| | Butaclor | 1 | 3 | 6,9 | 20,7 |
| | Bispiribac | 150 cc | 1 | 24 | 24 |
| | Amina | 1 | 0,3 | 5,8 | 1,74 |
| | Cyhalafop | 1 | 1,5 | 65 | 97,5 |
| | Bensulfuron | 150 g | 1 | 12 | 12 |
| Fertilizantes | | | | | |
| | Metalosato | | | | |
| | Boro | 1 | 0,3 | 18 | 5,4 |
| | Metalosato | | | | |
| | Zinc | 1 | 0,3 | 18 | 5,4 |
| Fungicidas | | | | | |
| | Amistar Top | 1 | 0,35 | 95 | 33,25 |
| | Silvacur | 1 | 0,75 | 76 | 57 |
| TOTAL | | | | | 940,74 |
| Deshierba Manual | | Jornal | 5 | 12 | 60,0 |
| Total Costos Directos | | | | | 1000,7 |
| Financieros | | 5% | | | 50,04 |
| Administración | | 10% | | | 100,07 |
| Total Costos Indirectos | | | | | 150,1 |
| Costo Total/ha | | | | | 1150,9 |

Apéndice 1. ALTURA DE PLANTA

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------------|----|----------------|-------------------|------|
| ALTURA DE PLANTA | 21 | 0,50 | 0,16 | 4,54 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo. | 0,03 | 8 | 3,8E-03 | 1,48 | 0,2617 |
| TRATAMIENTOS | 0,03 | 6 | 4,6E-03 | 1,76 | 0,1907 |
| REPETICIONES | 3,3E-03 | 2 | 1,6E-03 | 0,63 | 0,5495 |
| Error | 0,03 | 12 | 2,6E-03 | | |
| Total | 0,06 | 20 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,14556

Error: 0,0026 gl: 12

| TRATAMIENTOS | Medias | n | E.E. | |
|---------------|--------|---|------|---|
| TRATAMIENTO 3 | 1,08 | 3 | 0,03 | A |
| TRATAMIENTO 5 | 1,10 | 3 | 0,03 | A |
| TESTIGO | 1,10 | 3 | 0,03 | A |
| TRATAMIENTO 2 | 1,10 | 3 | 0,03 | A |
| TRATAMIENTO 6 | 1,11 | 3 | 0,03 | A |
| TRATAMIENTO 1 | 1,17 | 3 | 0,03 | A |
| TRATAMIENTO 4 | 1,18 | 3 | 0,03 | A |

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07264

Error: 0,0026 gl: 12

| REPETICIONES | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|---|
| 2 | 1,10 | 7 | 0,02 | A |
| 1 | 1,12 | 7 | 0,02 | A |
| 3 | 1,13 | 7 | 0,02 | A |

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

Apéndice 2. NUMERO DE MACOLLOS

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-----------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| NUMERO DE MACOLLOS M2 | 21 | 0,71 | 0,51 | 10,85 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|----------|----|---------|------|---------|
| Modelo. | 34140,48 | 8 | 4267,56 | 3,65 | 0,0217 |
| TRATAMIENTOS | 32338,67 | 6 | 5389,78 | 4,62 | 0,0118 |
| REPETICIONES | 1801,81 | 2 | 900,90 | 0,77 | 0,4840 |
| Error | 14014,19 | 12 | 1167,85 | | |
| Total | 48154,67 | 20 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=37,65677

Error: 1167,8492 gl: 12

| TRATAMIENTOS | Medias | n | E.E. |
|---------------|--------|---|---------|
| TRATAMIENTO 5 | 271,67 | 3 | 19,73 A |
| TESTIGO | 279,67 | 3 | 19,73 A |
| TRATAMIENTO 2 | 286,00 | 3 | 19,73 A |
| TRATAMIENTO 3 | 295,33 | 3 | 19,73 A |
| TRATAMIENTO 1 | 325,33 | 3 | 19,73 A |
| TRATAMIENTO 6 | 368,67 | 3 | 19,73 A |
| TRATAMIENTO 4 | 424,67 | 3 | 19,73 B |

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=48,73298

Error: 1167,8492 gl: 12

| REPETICIONES | Medias | n | E.E. |
|--------------|--------|---|---------|
| 1 | 303,71 | 7 | 12,92 A |
| 2 | 313,00 | 7 | 12,92 A |
| 3 | 326,29 | 7 | 12,92 A |

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

Apéndice 3. NUMERO DE PANICULAS

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-------------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| NUMERO DE PANICULAS/ M2 | 21 | 0,71 | 0,51 | 10,87 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|----------|----|---------|------|---------|
| Modelo. | 34140,48 | 8 | 4267,56 | 3,65 | 0,0217 |
| TRATAMIENTOS | 32338,67 | 6 | 5389,78 | 4,62 | 0,0118 |
| REPETICIONES | 1801,81 | 2 | 900,90 | 0,77 | 0,4840 |
| Error | 14014,19 | 12 | 1167,85 | | |
| Total | 48154,67 | 20 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=97,65677

Error: 1167,8492 gl: 12

TRATAMIENTOS Medias n E.E.

| | | | | |
|---------------|--------|---|-------|---|
| TRATAMIENTO 5 | 271,67 | 3 | 19,73 | A |
| TESTIGO | 279,67 | 3 | 19,73 | A |
| TRATAMIENTO 2 | 286,00 | 3 | 19,73 | A |
| TRATAMIENTO 3 | 295,33 | 3 | 19,73 | A |
| TRATAMIENTO 1 | 325,33 | 3 | 19,73 | A |
| TRATAMIENTO 6 | 368,67 | 3 | 19,73 | A |
| TRATAMIENTO 4 | 373,67 | 3 | 19,73 | B |

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=48,73298

Error: 1167,8492 gl: 12

REPETICIONES Medias n E.E.

| | | | | |
|---|--------|---|-------|---|
| 1 | 303,71 | 7 | 12,92 | A |
| 2 | 313,00 | 7 | 12,92 | A |
| 3 | 326,29 | 7 | 12,92 | A |

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

Apéndice 4. GRANOS PANICULA
Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| NUMERO DE GRANOS POR PANIC.. | 21 | 0,75 | 0,58 | 8,30 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo. | 3238,48 | 8 | 404,81 | 4,41 | 0,0109 |
| TRATAMIENTOS | 3220,48 | 6 | 536,75 | 5,84 | 0,0047 |
| REPETICIONES | 18,00 | 2 | 9,00 | 0,10 | 0,9074 |
| Error | 1102,67 | 12 | 91,89 | | |
| Total | 4341,14 | 20 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=27,39305

Error: 91,8889 gl: 12

| TRATAMIENTOS | Medias | n | E.E. | |
|---------------|--------|---|------|---|
| TESTIGO | 102,00 | 3 | 5,53 | A |
| TRATAMIENTO 3 | 107,33 | 3 | 5,53 | A |
| TRATAMIENTO 5 | 107,33 | 3 | 5,53 | A |
| TRATAMIENTO 2 | 109,67 | 3 | 5,53 | A |
| TRATAMIENTO 6 | 116,67 | 3 | 5,53 | A |
| TRATAMIENTO 1 | 124,00 | 3 | 5,53 | A |
| TRATAMIENTO 4 | 141,00 | 3 | 5,53 | B |

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=13,66977

Error: 91,8889 gl: 12

| REPETICIONES | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|---|
| 3 | 114,57 | 7 | 3,62 | A |
| 2 | 115,00 | 7 | 3,62 | A |
| 1 | 116,71 | 7 | 3,62 | A |

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

Apéndice 5. LONGITUD DE PANICULA
Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------------------|----|----------------|-------------------|------|
| LONGITUD DE PANICULA | 21 | 0,77 | 0,62 | 4,74 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo. | 0,01 | 8 | 6,9E-04 | 5,15 | 0,0058 |
| TRATAMIENTOS | 0,01 | 6 | 9,0E-04 | 6,79 | 0,0025 |
| REPETICIONES | 6,7E-05 | 2 | 3,3E-05 | 0,25 | 0,7828 |
| Error | 1,6E-03 | 12 | 1,3E-04 | | |
| Total | 0,01 | 20 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03300

Error: 0,0001 gl: 12

| TRATAMIENTOS | Medias | n | E.E. | |
|---------------|--------|---|------|---|
| TESTIGO | 0,23 | 3 | 0,01 | A |
| TRATAMIENTO 5 | 0,23 | 3 | 0,01 | A |
| TRATAMIENTO 6 | 0,24 | 3 | 0,01 | A |
| TRATAMIENTO 3 | 0,24 | 3 | 0,01 | A |
| TRATAMIENTO 2 | 0,24 | 3 | 0,01 | A |
| TRATAMIENTO 1 | 0,25 | 3 | 0,01 | A |
| TRATAMIENTO 4 | 0,28 | 3 | 0,01 | B |

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01647

Error: 0,0001 gl: 12

| REPETICIONES | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|---------|---|
| 3 | 0,24 | 7 | 4,4E-03 | A |
| 2 | 0,24 | 7 | 4,4E-03 | A |
| 1 | 0,25 | 7 | 4,4E-03 | A |

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

Apéndice 6. PESO DE GRANOS
Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--------------------|----|----------------|-------------------|------|
| PESO DE MIL GRANOS | 21 | 0,53 | 0,22 | 2,83 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo. | 11,14 | 8 | 1,39 | 1,70 | 0,1954 |
| TRATAMIENTOS | 7,62 | 6 | 1,27 | 1,55 | 0,2428 |
| REPETICIONES | 3,52 | 2 | 1,76 | 2,16 | 0,1586 |
| Error | 9,81 | 12 | 0,82 | | |
| Total | 20,95 | 20 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,58370

Error: 0,8175 gl: 12

| TRATAMIENTOS | Medias | n | E.E. |
|---------------|--------|---|--------|
| TRATAMIENTO 2 | 31,33 | 3 | 0,52 A |
| TRATAMIENTO 1 | 31,33 | 3 | 0,52 A |
| TRATAMIENTO 5 | 31,67 | 3 | 0,52 A |
| TRATAMIENTO 6 | 31,67 | 3 | 0,52 A |
| TESTIGO | 32,00 | 3 | 0,52 A |
| TRATAMIENTO 3 | 32,67 | 3 | 0,52 A |
| TRATAMIENTO 4 | 33,00 | 3 | 0,52 A |

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,28933

Error: 0,8175 gl: 12

| REPETICIONES | Medias | n | E.E. |
|--------------|--------|---|--------|
| 3 | 31,43 | 7 | 0,34 A |
| 2 | 32,00 | 7 | 0,34 A |
| 1 | 32,43 | 7 | 0,34 A |

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

Apéndice 7. DIAS FLORACION
Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|---------------------|----|----------------|-------------------|------|
| DIAS A LA FLORACION | 21 | 0,88 | 0,80 | 1,22 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|-------|----|-------|-------|---------|
| Modelo. | 73,14 | 8 | 9,14 | 10,87 | 0,0002 |
| TRATAMIENTOS | 71,90 | 6 | 11,98 | 14,25 | 0,0001 |
| REPETICIONES | 1,24 | 2 | 0,62 | 0,74 | 0,4995 |
| Error | 10,10 | 12 | 0,84 | | |
| Total | 83,24 | 20 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,62106

Error: 0,8413 gl: 12

| TRATAMIENTOS | Medias | n | E.E. | |
|---------------|--------|---|------|---|
| TESTIGO | 73,00 | 3 | 0,53 | A |
| TRATAMIENTO 3 | 73,67 | 3 | 0,53 | A |
| TRATAMIENTO 5 | 73,67 | 3 | 0,53 | A |
| TRATAMIENTO 2 | 76,33 | 3 | 0,53 | B |
| TRATAMIENTO 1 | 76,33 | 3 | 0,53 | B |
| TRATAMIENTO 6 | 77,33 | 3 | 0,53 | B |
| TRATAMIENTO 4 | 78,00 | 3 | 0,53 | B |

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,30797

Error: 0,8413 gl: 12

| REPETICIONES | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|---|
| 1 | 75,14 | 7 | 0,35 | A |
| 2 | 75,57 | 7 | 0,35 | A |
| 3 | 75,71 | 7 | 0,35 | A |

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

Apéndice 8. DIAS COSECHA
Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-------------------|----|----------------|-------------------|------|
| DIAS A LA COSECHA | 21 | 0,88 | 0,80 | 0,69 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|-------|----|------|-------|---------|
| Modelo. | 59,62 | 8 | 7,45 | 10,92 | 0,0002 |
| TRATAMIENTOS | 57,81 | 6 | 9,63 | 14,12 | 0,0001 |
| REPETICIONES | 1,81 | 2 | 0,90 | 1,33 | 0,3019 |
| Error | 8,19 | 12 | 0,68 | | |
| Total | 67,81 | 20 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,36087

Error: 0,6825 gl: 12

| TRATAMIENTOS | Medias | n | E.E. | |
|---------------|--------|---|------|---|
| TRATAMIENTO 5 | 118,00 | 3 | 0,48 | A |
| TRATAMIENTO 3 | 118,33 | 3 | 0,48 | A |
| TESTIGO | 118,33 | 3 | 0,48 | A |
| TRATAMIENTO 1 | 119,67 | 3 | 0,48 | A |
| TRATAMIENTO 2 | 120,00 | 3 | 0,48 | A |
| TRATAMIENTO 6 | 121,00 | 3 | 0,48 | A |
| TRATAMIENTO 4 | 123,00 | 3 | 0,48 | C |

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,17813

Error: 0,6825 gl: 12

| REPETICIONES | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|---|
| 1 | 119,43 | 7 | 0,31 | A |
| 3 | 119,71 | 7 | 0,31 | A |
| 2 | 120,14 | 7 | 0,31 | A |

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

Apéndice 9. RENDIMIENTO
Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--------------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| RENDIMIENTO POR HECTAREA | 21 | 0,79 | 0,64 | 16,34 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|-------------|----|------------|------|---------|
| Modelo. | 40582721,46 | 8 | 5072840,18 | 5,49 | 0,0045 |
| TRATAMIENTOS | 40568962,59 | 6 | 6761493,76 | 7,31 | 0,0018 |
| REPETICIONES | 13758,87 | 2 | 6879,44 | 0,01 | 0,9926 |
| Error | 11092935,77 | 12 | 924411,31 | | |
| Total | 51675657,23 | 20 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1747,52457

Error: 924411,3143 gl: 12

| TRATAMIENTOS | Medias | n | E.E. | |
|---------------|---------|---|--------|---|
| TESTIGO | 4600,07 | 3 | 555,10 | A |
| TRATAMIENTO 5 | 4636,50 | 3 | 555,10 | A |
| TRATAMIENTO 2 | 4921,12 | 3 | 555,10 | A |
| TRATAMIENTO 3 | 5209,40 | 3 | 555,10 | A |
| TRATAMIENTO 1 | 6321,54 | 3 | 555,10 | A |
| TRATAMIENTO 6 | 6820,16 | 3 | 555,10 | A |
| TRATAMIENTO 4 | 8689,04 | 3 | 555,10 | B |

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1371,07823

Error: 924411,3143 gl: 12

| REPETICIONES | Medias | n | E.E. | |
|--------------|---------|---|--------|---|
| 2 | 5859,29 | 7 | 363,40 | A |
| 1 | 5876,76 | 7 | 363,40 | A |
| 3 | 5920,17 | 7 | 363,40 | A |

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

