



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO EXPERIMENTAL

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Efecto de la aplicación de fertilizantes foliares a base zinc, sobre el  
desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)”

AUTOR:

Rony Alexander Game López

DIRECTOR:

Ing. Agr. Guillermo García Vásquez, M. Sc.

BABAHOYO – LOS RÍOS – ECUADOR

2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



PRESENTADO AL H. CONSEJO DIRECTIVO COMO REQUISITO  
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

**TEMA:**

“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES FOLIARES A BASE ZINC,  
SOBRE EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ. (*Oryza  
sativa L.*)”.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete Msc.  
**PRESIDENTE**

Ing. Felix Ronquillo Icaza  
**VOCAL PRINCIPAL**

Ing. Carlos Barros Veas  
**VOCAL PRINCIPAL**

*La responsabilidad de los resultados, conclusiones y recomendaciones expuestas en esta tesis, corresponden única y exclusivamente al autor.*

**Rony Game López**

## DEDICATORIA

*El presente trabajo de investigación, realizado con mucho empeño y dedicación está dedicado:*

- *A Dios todo poderoso creador.*
- *A mi madre Marisol López Almeida y abuelita Isabel Almeida, por sus consejos y sobre todo por la paciencia de haberme acompañado desde el jardín hasta estas instancias estudiantiles, por ellas he dado este paso tan importante en mi vida.*
- *A mi padre Néstor Game que ha luchado y trabajado por ayudarme, darme es apoyo en mis estudios,*
- *A mi mayor inspiración mi hija Romina, luchare para darte lo mejor de mí. Te amo madre de mi vida, lo que he logrado mamita para usted, este primer triunfo con amor para ti.*

## AGRADECIMIENTOS

- *En primer lugar, agradezco a Dios por la inteligencia, salud y sabiduría dada para el diario vivir de mi carrera universitaria ya que sin El nada de esto hubiera sido posible.*
- *A mis padres Néstor Game Murrieta y Marisol López Almeida.*
- *A mis hermanos Ronaldo y Dayana, por sus palabras de aliento y ánimos para no renunciar y desistir de mi carrera.*
- *A mi esposa por su apoyo incondicional,*
- *Al Ing. Agr. Guillermo García Vásquez, gracias por su apoyo en mi trabajo experimental, por las enseñanzas dadas tanto en el campo como de aula, disculpé por los corajes que le hice dar,*
- *A mis profesores de la Universidad por sus enseñanzas*
- *Al Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete, de corazón mil gracias por su ayuda, desde el preuniversitario, se convirtió en un gran amigo que con sus consejos y enseñanzas me hicieron amar mi carrera,*
- *A mis grandes profesores Ing. Agr. Oscar Mora, Feliz Ronquillo y Carlos Barros, siempre me dijeron que de 40 solo 10, pasaban, pero estudiando nada es imposible así sea el profesor más difícil.*
- *A los Ing. Fernando Gaibor, Delia Avilés, David Álava, Mario Quispe, Joffre León por sus consejos de no renunciar y estudiar día a día.*
- *Entre otros y como no ha mis amigos, ese grupo de buenas y malas: Kent Pazos (El Kent), Billy Mera (El papi), Andrés Pendolema (El pendo), Wladimir Vallejo (El Blady), Luis Carpio (Luisito) y uno que no está, pero siempre vive Nilo Palma<sup>qepd</sup>.*
- *Gracias Facultad de Ciencias Agropecuarias, de corazón, una experiencia que nunca volveré a repetir, pero siempre estará en mi corazón.*
- *Y a todos los que estuvieron.*

# CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1    Objetivos .....	2
1.1.2    Objetivo General.....	2
1.1.3    Objetivos Específicos .....	2
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
2.1    Generalidades.....	3
2.2    Nutrición en arroz.....	5
2.3    Productos .....	10
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
3.1    Ubicación y descripción del campo experimental.....	12
3.2    Métodos .....	12
3.3    Factores estudiados.....	12
3.4    Material de siembra.....	12
3.5    Tratamientos .....	13
3.6    Diseño Experimental .....	14
3.6.1    Andeva .....	14
3.7    Análisis funcional .....	14
3.8    Manejo del ensayo. ....	14
3.8.1    Preparación de terreno .....	14
3.8.2    Análisis de suelo.....	14
3.8.3    Siembra .....	14
3.8.4    Control de malezas.....	15
3.8.5    Fertilización .....	15
3.8.6    Riego .....	15

3.8.7	Control Fitosanitario.....	15
3.8.8	Cosecha .....	16
3.9	Datos a Evaluar.....	16
3.9.1	Altura de planta.....	16
3.9.2	Número de macollos por metro cuadrado.....	16
3.9.3	Número de panículas por metro cuadrado .....	16
3.9.4	Longitud de panícula .....	16
3.9.5	Número de granos por panícula .....	16
3.9.6	Peso de mil granos .....	16
3.9.7	Días a la floración. ....	17
3.9.8	Días a la cosecha .....	17
3.9.9	Rendimiento por hectárea. ....	17
3.9.10	Análisis económico.....	17
3.9.11	Análisis foliar.....	17
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>18</b>
4.1	Altura de planta .....	18
4.2	Número de macollos por metro cuadrado .....	18
4.3	Número de panículas por metro cuadrado .....	19
4.4	Longitud de panícula .....	20
4.5	Número de granos por panícula.....	20
4.6	Días a floración .....	21
4.7	Días a cosecha .....	21
4.8	Relación Grano/paja.....	22
4.9	Peso de 1000 granos .....	22
4.10	Rendimiento por hectárea .....	22
4.11	Análisis foliar .....	23
4.12	Evaluación económica .....	24

<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>25</b>
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>27</b>
<b>VII. RESUMEN .....</b>	<b>29</b>
<b>VIII. SUMMARY .....</b>	<b>30</b>
<b>IX. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Altura de planta .....	18
Cuadro 2. Número de macollos y panículas.....	19
Cuadro 3. Longitud de panícula y número de granos.....	20
Cuadro 4. Días a floración y Cosecha.....	21
Cuadro 5. Peso de grano y rendimiento.....	23
Cuadro 6. Análisis Económico.....	24

## ÍNDICE DE IMÁGENE

Fig 1. Aplicación de tratamientos .....	37
Fig 2. Cultivo en desarrollo.....	37
Fig 3. Ubicación de tratamientos .....	38
Fig 4. Efectos de tratamientos.....	38
Fig 5. Evaluación de altura de planta .....	39
Fig 6. Peso de granos .....	39
Fig 7. Toma de datos .....	40
Fig 8. Cosecha del cultivo .....	40

## I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es un cereal de gran importancia a nivel mundial, ya que es un cultivo que genera empleo a un gran porcentaje de familias rurales, y a su vez tiene la facilidad de adaptarse a diversas zonas climáticas, además de ser considerado un alimento básico para una gran parte de la población de todo mundo, principalmente de Asia, Oriente Medio, América latina y Europa; aportando carbohidratos, vitaminas y minerales que son indispensables para los seres humanos.

En Ecuador se siembran aproximadamente 400 000 hectáreas, con una producción de 1 652 795 toneladas métricas. El rendimiento del cultivo se mantiene entre 2,5 t/ha y 4,5 t/ha. Las provincias con mayor área sembrada son Guayas (63,85 %), Los Ríos (28,19 %) y Manabí (4,63 %). El resto corresponde a las provincias de Loja, El Oro y Orellana<sup>1</sup>.

El cultivo de arroz requiere para su normal desarrollo una cantidad óptima de macro y micronutrientes, los cuales deben ser aplicados de una forma adecuada, tanto en lo que respecta a dosis, como también en la época de aplicación. Por lo general, la fertilización en este cultivo se realiza de forma edáfica y foliar. Cada elemento mineral cumple una función importante dentro de la fisiología vegetal, por lo que ninguno de ellos puede ser reemplazado, si uno se encontrara en proporción deficiente en relación a otro, las plantas no podrán producir su máximo rendimiento.

En nuestro país, la mayoría de los suelos dedicados a la producción de arroz presentan deficiencias nutricionales, principalmente de Nitrógeno (N), Azufre (S), Boro (B) y Zinc (Zn). Esto ocasiona que los agricultores, al no conocer la forma correcta de aplicación y las dosis adecuadas no se obtengan altos rendimientos.

---

<sup>1</sup> Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP)-SINAGAP. 2016

Los macronutrientes, llamados así porque las plantas los requieren en mayor cantidad, son el N, P y K; aunque también se considera dentro de este grupo al Magnesio (Mg) y S. El uso constante de estos macronutrientes ha causado el descuido de otros elementos de vital importancia para el normal desarrollo de la planta. Uno de estos nutrientes es el Zn, el cual es un microelemento esencial para el metabolismo de las auxinas, producción de clorofila, activación de enzimas, síntesis de citocromos y nucleótidos, mantenimiento de la membrana celular. La falta de este nutriente ocasiona problemas de clorosis en las hojas, crecimiento desigual de la planta, reducción del macollamiento y esterilidad de las espigas, lo que repercute de manera directa en el rendimiento del cultivo.

Por este motivo, se plantea la realización del presente trabajo experimental, en el cual se evaluó el efecto de cuatro fertilizantes foliares a base de zinc, sobre el rendimiento del cultivo de arroz, con el propósito de mejorar las producciones.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.2 Objetivo General**

Evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes foliares a base zinc, sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz.

### **1.1.3 Objetivos Específicos**

1. Determinar el comportamiento agronómico del cultivo de arroz a la aplicación de los fertilizantes foliares a base zinc.
2. Identificar el producto y la dosis más influyentes en el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz.
3. Analizar económicamente los tratamientos en función de los rendimientos.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Generalidades

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).

En un escenario tecnológico y climático cambiante los productores de arroz, pueden reaccionar de acuerdo a factores culturales, económicos o sociales. En cualquier caso, los efectos de escenarios climáticos negativos pueden ser reducidos promoviendo nuevas técnicas / tecnologías de producción (atenuadores de stress, nuevos genotipos) medidas sociales (educación continua) y la construcción de capital social en la empresa (buenos equipos profesionales), como componentes esenciales de respuestas adaptativas exitosas. Hoy existen medidas adaptativas y tecnologías efectivas para enfrentar escenarios de cambio. Sin embargo, el apoyo del conocimiento científico y técnico ha sido relevante para los cambios experimentados en nuestras regiones productivas. En escenarios complejos la ciencia y la educación pueden proveer recursos estratégicos para solucionar los nuevos problemas y reducir el riesgo (Satorre, 2012).

La producción de arroz tiene sus inicios en nuestro país en el siglo XVIII, pero se fortaleció su consumo y comercialización en el siglo XIX, este cultivo se desarrolló en un principio en las provincias del Guayas, Manabí, y Esmeraldas,

con el tiempo este logró extenderse y comercializarse en la región Sierra. Su fase de industrialización (1895) se asentó en Daule, Naranjito y Milagro (Guayas). La producción de arroz en el Ecuador ocupa el puesto N° 26 a nivel mundial (2010), además de considerarnos uno de los países más consumidores de arroz dentro la Comunidad Andina, agregando que en nuestro país para el año 2010, el consumo de arroz fue de 48 kg por persona. El arroz se encuentra entre los principales productos de cultivos transitorios, por ocupar más de la tercera parte de la superficie en sus cultivos (FAO, 2013).

Las plantas necesitan 16 elementos para un desarrollo vegetativo y reproductivo normal. Estos elementos son esenciales porque: 1) las plantas no pueden completar su ciclo de vida sin ellos, 2) los síntomas de deficiencia aparecen cuando el elemento no está presente y desaparecen con la aplicación del mismo y 3) cada elemento tiene por lo menos un rol metabólico en la planta. Los elementos esenciales pueden ser agrupados en 3 categorías, macronutrientes no minerales, macronutrientes minerales y micronutrientes. Los macronutrientes son aquellos elementos que las plantas necesitan en cantidades relativamente grandes (1 % a 6 % del peso seco; 1 % = 1 g / 100 g de peso seco). Los micronutrientes, aunque requeridos en menores cantidades (1 a 200 ppm; 1ppm = 1 mg / kg de peso seco) son igualmente importantes que los macronutrientes. Los elementos no minerales (carbono [C], hidrogeno [H] y oxígeno [O]) provienen del agua y el aire, mientras que la mayoría de los elementos minerales, son obtenidos por las plantas mediante la absorción de nutrientes en la solución del suelo (Sierra, Simonne y Treadwell, 2007).

A partir de estudios realizados por Muller y Elienberg (2004), se ha manifestado que en la actualidad muchos de los procesos agrícolas han hecho a la agricultura insostenible. Mucho de esto se debe a sistemas de producción extensivos caducos y de sobre explotación de la selva caducifolia. Los principales problemas encontrados en el sector tropical son: a) Degradación física de suelos ocasionada por la erosión hídrica; b) Degradación biológica, incluida la deforestación y sobrepastoreo, Las causas son: la falta de conocimiento, poco acceso a insumos, falta de conciencia y la falta de tecnología apropiadas para cada zona.

En ciertas zonas especialmente aquellas que presentan altos contenido de materia orgánica que son desconocidos por los agricultores, es donde se aplica una exagerada cantidad de fertilizantes foliares, los cuales en lugar de elevar los rendimientos estos disminuyen en gran medida. Es notorio observar cultivos con gran altura que, sin embargo, no poseen grandes rendimientos (Pérez, 2008).

## **2.2 Nutrición en arroz**

En la actualidad la ciencia y tecnología está generando información sobre nutrición, de forma tal que día con día surgen nuevos productos y tecnologías para el mejor manejo de estos aspectos en pastos, ya que es en este tipo de cultivos donde más se han empleado diversas prácticas culturales como productos que mejoran su manejo y productividad. El uso de fertilizantes y su dosificación han sido uno de los mayores problemas en la producción de cultivos en Ecuador, es por eso que existe la necesidad de realizar trabajos de investigaciones que ayuden a obtener un balance nutricional entre los macro y micronutrientes necesarios para incrementar los niveles de productividad por unidad de superficie (Colina, 2016).

Gavi (2013) informa que el uso de fertilizantes se ha vuelto indispensable debido a la baja fertilidad de la mayoría de los suelos para los altos rendimientos y la buena calidad que se esperan en la actualidad, por lo que el uso adecuado de ellos es importante para una agricultura sostenible. Además, los suelos contienen todos los elementos esenciales que la planta requiere para su desarrollo y reproducción; sin embargo, en la mayoría de los casos, no en las cantidades suficientes para obtener rendimientos altos y de buena calidad, por lo que es indispensable agregar los nutrimentos por medio de fertilizantes. Sin el uso de fertilizantes, los rendimientos serán cada vez más bajos debido al empobrecimiento paulatino del suelo por la extracción de los nutrimentos en las cosechas. El uso adecuado del fertilizante requiere conocer sus características, su efecto en las plantas y el suelo, las formas de aplicación y como se deriva y se prepara una dosis de fertilización con base en los fertilizantes disponibles.

Barriga (2010) certifica que con la aplicación de fertilizantes minerales en el cultivo de cereales se mejoran las características fenotípicas tales como: altura de planta, grosor de tallo, área foliar etc. El objetivo del suministro de fertilizantes es, abastecer una cantidad razonable de nutrientes cuando la planta lo requiere, dependiendo de sus diferentes etapas de desarrollo y que la mayor o menor cantidad de granos, peso, es el resultado de la fotosíntesis y respiración; actividades influenciadas directa o indirectamente por el contenido de nutrientes.

Los fertilizantes son una de las más importantes herramientas para el desarrollo de la agricultura tendiente a fomentar la seguridad alimentaria y mantener la productividad del suelo. Mediante sus esfuerzos, su interés y entusiasmo, usted puede realizar un verdadero cambio mediante la introducción y expansión del uso de fertilizantes. Es su responsabilidad y un desafío para usted ayudar a mejorar las condiciones de vida en su región, y ayudar a mantener una agricultura sostenible (Neira, 2010).

La concentración de nutrimentos en los tejidos vegetales depende fundamentalmente de la especie, factores ambientales (clima y disponibilidad edáfica) y manejo de las plantaciones. Además, tanto si comparamos entre especies o entre individuos de la misma especie, los requerimientos genéticos, la distribución de raíces y la edad son normalmente los factores que en mayor medida afectan a la absorción de nutrientes por las plantas. En estados juveniles de desarrollo, la nutrición de las plantaciones es considerada crucial para sostener altas tasas de crecimiento debidas a la rápida expansión de las copas y las raíces. Kumar *et al.* (2009) encontraron que, para plantaciones de teca, eran las flores las que presentaban una mayor concentración de nutrimentos en general, aunque las yemas y las hojas también presentaban altos valores; mientras que en el caso del Zn la concentración en la corteza era mayor que en los otros tejidos.

INPOFOS (2013), en su web difunde que cuando se diagnostican las necesidades de fertilización de los cultivos es importante conocer el requerimiento de nutrientes para alcanzar un determinado ambiente, por lo que debe tenerse en

cuenta que estos requerimientos son solamente orientativos ya que la bibliografía indica valores variables según la fuente consultada.

Steward (2001) informa que una fertilización adecuada y balanceada tiene un efecto muy importante en la producción y en la protección ambiental; también, no se debe olvidar que el mal manejo de los nutrientes puede causar problemas. Es necesario manejar el cultivo y los nutrientes utilizando prácticas agronómicas adecuadas e inocuas al ambiente. Prácticas como el análisis de suelo, la localización y aplicación oportuna de fertilizantes son necesarias para maximizar el efecto de las aplicaciones de nutrientes en el rendimiento y para minimizar el potencial daño al ambiente.

Barbieri *et al.* (2008) 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.

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).

Según Gutiérrez, Prystupa y Ferraris (2007), el zinc presenta las siguientes características: El Zinc es un activador de enzimas, que interviene en la síntesis de la hormona de crecimiento (control hormonal) y actúa en la síntesis proteica. No es estructural. Constituyente de anhidrasa carbónica, dehidrogenasa láctica, dehidrogenasa alcohólica, aldolasa, dehidrogenasa glutámica carboxilasa pirúvica, ribonucleasa, etc. Interviene en los procesos de respiración. Hay considerable evidencia de la participación del Zinc en la síntesis de AIA (ácido indol acético), pero no se conocen con exactitud los mecanismos.

Debido a estos aspectos que intervienen en la nutrición de las plantas, La fertilización foliar en términos generales, solamente puede complementar, y en ningún caso sustituir la fertilización al suelo, principalmente debido a que las dosis que pueden administrarse por vía foliar son muy pequeñas. Por esta razón, la fertilización foliar es una excelente alternativa para aplicar micronutrientes. Además, puede servir de complemento para el suministro de elementos mayores durante ciertos periodos definidos de crecimiento. La fertilización foliar nos puede brindar efectos adicionales como, el incremento en la eficiencia fotosintética, cambios en la fisiología de la planta, disminución de la senescencia y prolongación de la capacidad fotosintética de la hoja (CIA, 2004).

En un estudio realizado por Barker y Pilbeam (2006), la concentración foliar de Zn se encontró dentro de los rangos observados para plantaciones de arroz, los cuales son ligeramente más altos que los reportados para otras especies de gramíneas. En general, se requieren relativamente altas cantidades de micronutrientes para mantener un estado nutricional apropiado en plantaciones, aunque otros estudios similares no han prestado mucha atención a este aspecto.

Los suelos tropicales suelen considerarse como muy meteorizados y ricos en Fe y Mn, aunque generalmente deficientes en Zn. Además, Zn es considerado como habitualmente deficiente en los suelos de todo el mundo y su difícil evaluación en laboratorio hace complicado su análisis. Por todo esto, se considera que se ha de prestar atención a elementos como el Zn al evaluar y manejar la nutrición de arroz, y quizás de otros cultivos en los trópicos (Kumar *et al.*, 2009).

El uso de zinc en las mezclas arrancadores que aportan fósforo y nitrógeno es una práctica que comienza a ser conocida entre los productores de punta. La deficiencia de zinc ha sido reportada en numerosas oportunidades, pero parece observarse más frecuentemente en condiciones inducidas antes que debidas a una baja disponibilidad en el suelo. Una dosis excesiva de P limita la capacidad de la planta de absorber Zn; por otra parte, la deficiencia de Zn puede aparecer inducida también en suelos fríos o con baja intensidad lumínica. El síntoma visual es conocido y se caracteriza por bandas blanquecinas en las hojas juveniles de la soya (Melgar *et al.*, 2001).

El zinc hace parte de los nutrientes esenciales para la planta que son tomados del suelo; es un elemento que la planta lo requiere en pequeñas cantidades es decir, es un micronutriente; al igual que los demás nutrientes esenciales, la planta lo requiere para realizar las diferentes funciones que este nutriente desempeña en ella, la falta de este nutriente para la planta ocasionara una seria de anomalías, lo cual atrofiara su estado y podría ocasionarle la muerte (Piagetti, 2006).

Una parte importante de los productores de arroz manejan la fertilización principalmente con N, P, K, S B y Zn, en donde las fuentes y épocas dependen de los tipos de suelo, así como las condiciones del clima. Para definir el manejo nutricional de una variedad determinada se debe tener un claro entendimiento de las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo, y las necesidades nutricionales para cada una de estas etapas (CIA 2010).

Actualmente hay una gran diversidad de opciones en productos para la fertilización foliar; dividiéndose básicamente en Sales y Quelatos. Las Sales fueron los primeros fertilizantes foliares que se utilizaron y están constituidos principalmente por cloruros, nitratos y sulfatos. De estos los sulfatos son la fuente más utilizada debido a su menor índice Salino, disminuyéndose así el riesgo de quema en el follaje. Los que mejor han respondido a las aplicaciones foliares de arroz son los Quelatos, que son compuestos orgánicos de origen natural o sintético, que acomplejan en su interior a un catión metálico formando una estructura heterocíclica, resultando más fácilmente absorbidos y translocados que las sales. Su principal característica para facilitar su absorción es que son compuestos con carga neta 0, y al ser no iónicos no hay atracciones ni repulsiones al entrar a la planta, protegiendo al catión de otras reacciones químicas como oxidación- reducción, inmovilización y precipitación (Rodríguez, 1999).

Los micronutrientes son sustancias que las plantas necesitan en pequeñas dosis pero indispensables para los diferentes procesos metabólicos, siendo las razones de su deficiencia, su baja cantidad en el suelo o por problemas de disponibilidad asimilable (pH ácido o muy bajo, competencia iónica, salinidad, poca materia orgánica, etc.) en primera instancia se debe corregir el suelo para saber la

forma de aplicación que se usaran para detectar realmente la carencia por la falta real del elemento en él. Si no se corrige el suelo las aplicaciones directamente removidas y mezcladas en la tierra no son eficaces, pues el nutriente se inmovilizará en lo inmediato (Rodríguez, 1989).

Para Albornoz (2008), otro factor que afecta la movilidad de los nutrientes es el pH del suelo, ya que influye sobre la precipitación de nutrientes en compuestos insolubles, difíciles de ser utilizados por las raíces. El Zn tiene baja solubilidad a pH altamente alcalinos ( $> 8.0 - 8.5$ ). El rango de pH para la mayoría de cultivos va del 5.5 al 6.2 o ligeramente ácido. En estos niveles de pH los nutrientes esenciales tienen un gran porcentaje de disponibilidad para las plantas.

Castañeda y Conde (1992) 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.

### **2.3 Productos**

Según QSI (2017), Promet Zinc es un formulado líquido exclusivo a base de zinc al 15 % enriquecido con ácido fólico. Gracias a sus componentes permite promover el desarrollo vegetal y corregir funciones revitalizantes estimulando en la planta procesos naturales de resistencia al estrés abiótico. Por su fórmula balanceada, puede usarse en cualquier estado de la planta, en especial en estados de gran gasto de energía (crecimiento activo) y estrés. Mejora todos los procesos fisiológicos como fotosíntesis, respiración, síntesis de proteínas, carbohidratos, ácidos nucleicos, lípidos, favorece la formación del tubo polínico, la fecundación, desarrollo y multiplicación de la célula vegetal, incrementa la floración, anticipa la madurez y mejora la conservación del fruto luego de la cosecha.

Según Nideragro (2017), NedZinc es producto compuesto por Zinc EDTA 12 %, presenta las siguientes características: es un líquido soluble que actúa

como suplemento de fertilización. Debe utilizarse en los periodos apropiados, mejora las características bioquímicas generales de la planta y determina un considerable incremento en la calidad y cantidad de producción.

AGRIPAC (2017) menciona que el Metalosato Zinc es un líquido con excelente acción estimulante en los tejidos vegetales promoviendo una acción de respuesta biológica, tiene una concentración de Zinc del 14 %, activando la respuesta de los cultivos a condiciones bióticas y abióticas adversas.

El Fertall Zinc Plus, es un producto a base de Zinc que contiene una concentración de 12%, formulado como líquido soluble (SL), corrector de carencia de Zinc, siendo altamente soluble, proporciona múltiples beneficios a nivel de follaje y mejora notablemente el sistema nutricional de los cultivos. El producto es un poderoso inductor de hormonas (INFOAGRO, 2017).

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Ubicación y descripción del campo experimental

La investigación se efectuó en los terrenos de en la granja experimental “Palmar” Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el Kilómetro 12,5 de la Vía Babahoyo-Montalvo.

La zona ostenta un clima tropical, según la clasificación de Koppen es Bosque húmedo tropical, con temperatura anual de 25,2 °C, precipitación 1845 mm/año, humedad relativa de 76 % y 804,7 horas de heliofanía anual. Coordenadas geográficas de longitud Oeste 79° 32', latitud sur 01°49', altitud 8 msnm<sup>2</sup>. El suelo es topografía plana, textura franco arcillosa y drenaje regular<sup>3</sup>.

### 3.2 Métodos

Para el trabajo de campo se utilizó los métodos: deductivo, inductivo y experimental.

### 3.3 Factores estudiados

Variable dependiente: Comportamiento del cultivo del arroz.

Variable independiente: Dosis de fertilizantes foliares a base de zinc.

### 3.4 Material de siembra

Se empleó como material de siembra la variedad de arroz INIAP FL-1480 Cristalino, que presenta las siguientes características<sup>4</sup>:

---

<sup>2</sup> Datos tomados de la estación experimental meteorológica UTB- INAHMI. 2015

<sup>3</sup> Fuente: Mapa de suelos FACIAG. Departamento de Suelos y Agua. 2016.

<sup>4</sup> Fuente: INIAP-FL-1480: Nueva variedad de arroz para riego. Plegable N° 491. 2017.

Descripción	Características
	INIAP FL 1480 CRISTALINO
Rendimiento (t/ha)	6 T
Ciclo vegetativo (días)	89
Altura de planta (cm)	102
Longitud de grano (mm)	7,6
Índice de pilado (%)	66
Desgrane	Intermedio
Latencia en semanas	6
<i>Pyricularia grisea</i>	Tolerante
Manchado de grano	Tolerante
Hoja blanca	Tolerante
<i>Sarocladium oryzae</i>	Tolerante
<i>Rhizoctonia solani</i>	Tolerante
<i>Tagosodes orizicolus</i>	Tolerante
Acame de plantas	Resistente

### 3.5 Tratamientos

El presente trabajo experimental contó con 9 tratamientos y 3 repeticiones.

Tratamientos	Productos	Dosis L/ha	Época de aplicación (*)
T1	Promet Zinc	0,5	15 – 30
T2	Promet Zinc	1,0	
T3	Metalosate zinc	0,5	15 – 30
T4	Metalosate zinc	1,0	
T5	Ned zinc	0,5	15 – 30
T6	Ned zinc	1,0	
T7	Fertall Zinc Plus	0,5	15 – 30
T8	Fertall Zinc Plus	1,0	
T9	Testigo	Sin aplicación de productos	

(\*) Días después del trasplante.

El programa de fertilización de macronutrientes fue calculado en dosis iguales para todos los tratamientos, incluido el testigo agricultor, con la siguiente recomendación: 120 kg N, 30 kg P, 80 kg K y 25 kg S.

### **3.6 Diseño Experimental**

En el presente trabajo de investigación fue empleado el diseño experimental bloques completos con nueve tratamientos y tres repeticiones.

#### **3.6.1 Andeva**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Tratamiento	8
Bloques	2
Error Experimental	16
Total	26

### **3.7 Análisis funcional**

Los datos fueron promediados y pasaron por el análisis de varianza para determinar la significancia estadística. Los promedios de los resultados se compararon entre sí con la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

### **3.8 Manejo del ensayo.**

Para el desarrollo del ensayo se emplearon las técnicas agronómicas necesarias para el normal desarrollo del cultivo.

#### **3.8.1 Preparación de terreno**

La preparación del suelo fue realizada con un pase de rome-plow, luego se inundó la piscina y se procedió al fangueo, logrando un suelo para condiciones de siembra.

#### **3.8.2 Análisis de suelo**

Previo a la preparación del terreno se tomó una muestra compuesta del suelo del lote experimental, con ella se hizo el análisis químico y físico del mismo.

#### **3.8.3 Siembra**

Para la siembra se utilizó el sistema de trasplante, estableciendo el semillero, y posteriormente se trasplantó las plántulas a los 20 días después de la

siembra del mismo. La distancia utilizada fue de 0,25 m entre hilera por 0,25 m entre plantas.

#### **3.8.4 Control de malezas**

Después del trasplante se aplicó los herbicidas preemergentes Pendimetalin y Butaclor, en dosis de 2 y 4 L/ha. A los 25 días después del trasplante se aplicó Bispiribac sodium en dosis de 250 cc/ha y Metsulfuron en dosis de 15 g/ha. Debido a la presencia de malezas posterior a la siembra, se hicieron dos deshierbas manuales a los 60 y 85 días después del trasplante. Para las aplicaciones de los herbicidas se empleó un aspersor de mochila calibrado con boquilla para cobertura de 2 m.

#### **3.8.5 Fertilización**

Los fertilizantes se aplicaron a los 15, 25 y 45 días después del trasplante. La aplicación de nitrógeno se hizo con Urea en partes iguales (120 kg/ha N), el azufre se aplicó como Sulfato de amonio (25 kg/ha S) fraccionando la aplicación en dos partes. Las aplicaciones de potasio y fósforo fueron hechas con muriato de potasio (80 kg/ha K) y DAP (30 kg/ha P), los cuales se colocaron en partes iguales al trasplante y posteriormente a los 10 días después del mismo. Todas las aplicaciones fueron realizadas al voleo.

Los fertilizantes foliares fueron aplicados en las épocas y dosis indicadas en el cuadro de tratamientos, para el efecto se empleó una bomba de aspersión calibrada y para logara una mejor cobertura se utilizó una boquilla de abanico.

#### **3.8.6 Riego**

Se realizó riego por gravedad con la ayuda de una bomba de caudal, con esto se mantuvo una lámina de agua permanente de 10 cm aproximadamente. Sin embargo, se drenó el campo para realizar las labores de cultivo.

#### **3.8.7 Control Fitosanitario**

El cultivo presentó ataque de langosta (*Spodoptera frugiperda*), este fue controlado aplicando Deltametrina 300 cc/ha, a los 25 días después de la siembra. En la etapa de reproducción y llenado de granos (70 días después de la

siembra) se aplicó Pirimifos para el control de chinches en dosis de 350 cc/ha. No fue necesaria la aplicación de fungicidas.

### **3.8.8 Cosecha**

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

## **3.9 Datos a Evaluar**

### **3.9.1 Altura de planta**

Se tomó lecturas en diez plantas al azar, registrando el valor en centímetros. Fue evaluada a cosecha.

### **3.9.2 Número de macollos por metro cuadrado.**

En cada unidad experimental se colectó al azar un m<sup>2</sup> y se contó los macollos efectivos a la cosecha. Esto se realizó con un marco de madera que tuvo un m<sup>2</sup> y se lo lanzó sobre el cultivo al azar.

### **3.9.3 Número de panículas por metro cuadrado**

En el mismo metro cuadrado en cual se contó los macollos, también se registró las panículas al momento de la cosecha.

### **3.9.4 Longitud de panícula**

En 10 espigas al azar por cada unidad experimental, se midió la longitud desde la base hasta la arista apical de las mismas.

### **3.9.5 Número de granos por panícula**

Fueron contados en 10 panículas de cada parcela experimental seleccionadas al azar el número de granos sin defectos y llenos, presente en la misma.

### **3.9.6 Peso de mil granos**

El peso se obtuvo de cada parcela experimental en 1000 granos, los mismos que tuvieron buen estado sin defectos, expresando en gramos el registro.

### **3.9.7 Días a la floración.**

Se contabilizó los días desde la siembra, hasta cuando las plantas presentaron el 50 % de panículas emergidas.

### **3.9.8 Días a la cosecha**

Fue evaluado desde el inicio de siembra hasta la cosecha total por tratamiento.

### **3.9.9 Rendimiento por hectárea.**

El rendimiento se tomó del total del peso de los granos provenientes del área útil de cada parcela experimental, uniformizando al 14 % de humedad y transformado en kg/ha. Para uniformizar los pesos se empleó la siguiente formula<sup>5</sup>:

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

Pu= Peso uniformizado.

Pa= Peso actual.

ha= Humedad actual.

hd= Humedad deseada.

### **3.9.10 Análisis económico.**

El análisis económico se realizó en función del nivel de producción de grano en kg/ha, calculando los ingresos y costos de cada tratamiento, y sacando el beneficio/costo.

### **3.9.11 Análisis foliar**

Cuando el cultivo se estableció en campo, a los 60 días después de la siembra se tomaron 200 g de hojas debajo de la hoja bandera dentro del área de tratamiento. Estas fueron enviadas al Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias (INIAP) para determinar la cantidad de macro nutrientes en el tejido de la planta.

---

<sup>5</sup> Fuente: Martínez, L, 2002, Economía política de las comunidades agropecuarias del Ecuador, Abya Yala, Quito.

## IV.RESULTADOS

### 4.1 Altura de planta

La altura de planta se registra en el cuadro 1. El análisis de varianza presentó diferencias significativas para las mediciones. El coeficiente de variación fue 3,30 %.

Aplicando Promet Zinc 1,0 L/ha (114,43 cm) se logra plantas más altas, estadísticamente igual a Promet Zinc 0,5 L/ha (106,33 cm) y Metalosate Zinc 0,5 L/ha (108,7 cm), pero superiores al resto de tratamientos. El tratamiento Fertall Zinc Plus 0,5 L/ha tuvo el menor registro (100,87 cm).

Cuadro 1. Altura de planta aplicación de fertilizantes foliares a base zinc, sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz. Babahoyo, Los Ríos. 2017.

Tratamientos	Dosis L/ha	Altura (cm)
Promet Zinc	0,5	106,33 ab
Promet Zinc	1,0	114,43 a
Metalosate Zinc	0,5	108,70 ab
Metalosate Zinc	1,0	103,38 b
Ned Zinc	0,5	102,47 b
Ned Zinc	1,0	103,63 b
Fertall Zinc Plus	0,5	100,87 b
Fertall Zinc Plus	1,0	101,30 b
Testigo	N.A.	102,13 b
Promedio general		104,81
Significancia estadística		**
Coeficiente de variación (%)		3,30

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey  $P \leq 0,05$ .

\*\* : Altamente significativa

N.A: No aplica

### 4.2 Número de macollos por metro cuadrado

Se reportó altas diferencias significativas en el número de macollos/m<sup>2</sup> con los programas. El coeficiente de variación fue 13,51 % (Tabla 2).

La aplicación de Promet Zinc 1,0 L/ha (713,0 macollos) fue estadísticamente superior a los demás tratamientos. El testigo (326,67 macollos/m<sup>2</sup>) tuvo el menor registro.

### 4.3 Número de panículas por metro cuadrado

El cuadro 2 presenta los promedios del número de panículas, siendo este registro altamente significativo en los programas aplicados. El coeficiente de variación fue 12,25 %.

La aplicación del Promet Zinc 1,0 L/ha con 652,0 panículas fue estadísticamente superior a los demás tratamientos. El testigo (290,0 panículas/m<sup>2</sup>) tuvo el menor promedio.

Cuadro 2. Número de macollos y panículas por metro cuadrado aplicación de fertilizantes foliares a base zinc, sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz. Babahoyo, Los Ríos. 2017.

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis L/ha</b>	<b>Macollos (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Panículas (m<sup>2</sup>)</b>
Promet Zinc	0,5	435,00 b	408,33 bcd
Promet Zinc	1,0	713,00 a	652,00 a
Metalosate Zinc	0,5	469,00 b	406,00 bcd
Metalosate Zinc	1,0	517,00 b	472,33 b
Ned Zinc	0,5	485,33 b	459,33 bc
Ned Zinc	1,0	478,33 b	446,33 bcd
Fertall Zinc Plus	0,5	486,33 b	433,00 bcd
Fertall Zinc Plus	1,0	518,67 b	473,00 b
Testigo	N.A.	326,67 b	290,00 d
Promedio general		492,15	448,93
Significancia estadística		**	**
Coeficiente de variación (%)		13,51	12,25

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey P≤0,05.

\*\* : Altamente significativa

N.A: No aplica

#### 4.4 Longitud de panícula

En el Cuadro 3, se presentan los datos de la longitud de panícula, el análisis de varianza mostró diferencias significativas en la evaluación. El coeficiente de variación fue 6,21 %. La aplicación del Promet Zinc 1,0 L/ha con 28,0 cm fue estadísticamente igual al resto de programas con excepción del tratamiento Ned Zinc en ambas dosis (23,23 cm y 23,17 cm).

#### 4.5 Número de granos por panícula

La variable granos por panícula presentó altas diferencias significativas en los registros tomados, siendo el coeficiente de variación 10,74 % (Cuadro 3). La aplicación de Promet Zinc 1,0 L/ha (196,33 granos) fue estadísticamente igual a Promet Zinc 0,5 L/ha (158,33 granos) y superiores al resto de tratamiento, obteniendo menor registro las plantas tratadas con Ned Zinc 0,5 L/ha (118,0 granos).

Cuadro 3. Longitud de panícula y número de granos por panícula, con aplicación de fertilizantes foliares a base zinc, sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz. Babahoyo, Los Ríos. 2017.

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis L/ha</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b>Granos /Panícula</b>
Promet Zinc	0,5	24,90 ab	158,33 ab
Promet Zinc	1,0	28,00 a	196,33 a
Metalosate Zinc	0,5	25,57 ab	146,67 b
Metalosate Zinc	1,0	25,53 ab	148,00 b
Ned Zinc	0,5	23,23 b	118,00 b
Ned Zinc	1,0	23,17 b	124,00 b
Fertall Zinc Plus	0,5	25,47 ab	150,00 b
Fertall Zinc Plus	1,0	24,27 ab	134,00 b
Testigo	N.A.	24,93 ab	125,00 b
Promedio general		25,01	144,48
Significancia estadística		*	**
Coeficiente de variación (%)		6,21	10,74

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey  $P \leq 0,05$ .

\*\* : Altamente significativo

#### 4.6 Días a floración

No se encontró diferencias significativas en días a floración, con coeficiente de variación 1,76 % (Cuadro 4).

La floración en las plantas tratadas con Fertall Zinc Plus 0,5 L/ha fue más temprana (81,67 días), siendo esta mayor en el testigo con 85,67 días.

#### 4.7 Días a cosecha

El Cuadro 4 muestra los promedios del número de días a la cosecha, no se reportó diferencias estadísticas, con coeficiente de variación de 1,75 %.

La cosecha en las plantas tratadas con Fertall Zinc Plus 0,5 L/ha fue más temprana (118,0 días), observándose cosecha más tardía en el Testigo sin aplicación (121,67 días).

Cuadro 4. Días a floración y cosecha, con aplicación de fertilizantes foliares a base zinc, sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz. Babahoyo, Los Ríos. 2017.

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis L/ha</b>	<b>Días Floración</b>	<b>Días Cosecha</b>
Promet Zinc	0,5	83,67 a	119,33 a
Promet Zinc	1,0	83,33 a	118,33 a
Metalosate Zinc	0,5	83,33 a	119,33 a
Metalosate Zinc	1,0	83,00 a	118,67 a
Ned Zinc	0,5	84,67 a	120,67 a
Ned Zinc	1,0	83,00 a	120,00 a
Fertall Zinc Plus	0,5	81,67 a	118,00 a
Fertall Zinc Plus	1,0	83,00 a	118,67 a
Testigo	N.A.	85,67 a	121,67 a
Promedio general		83,37	119,41
Significancia estadística		Ns	Ns
Coeficiente de variación (%)		1,76	1,75

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey  $P \leq 0,05$ .

Ns: No significativa

N.A: No aplica

#### **4.8 Relación Grano/paja**

El análisis de varianza no tuvo diferencias significativas en la evaluación realizada, con un coeficiente de variación 1,07 %.

La aplicación de Metalosate Zinc 0,5 L/ha con 1,47 tuvo el mayor registro. El menor registro estuvo presente con Ned Zinc 1,0 L/ha con 1,44 (Cuadro 5).

#### **4.9 Peso de 1000 granos**

El análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas en la evaluación de campo, con un coeficiente de variación 2,51 %.

La aplicación de Promet Zinc 1,0 L/ha con 31,53 g fue estadísticamente superior a los demás tratamientos. El menor registro estuvo presente en el Testigo con 23,27 g (Cuadro 5).

#### **4.10 Rendimiento por hectárea**

Los promedios del rendimiento de grano se reportan en el cuadro 5. Se reportó altas diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 14,29 %.

La aplicación de Promet Zinc 1,0 L/ha con 8083,43 kg/ha presentó el mayor rendimiento, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos. El menor registro estuvo presente en el tratamiento Ned Zinc 0,5 L/ha con 3872,90 kg/ha.

Cuadro 5. Relación grano-paja, peso de 1000 granos y rendimiento por hectárea, con aplicación de fertilizantes foliares a base zinc, sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz. Babahoyo, Los Ríos. 2017.

Tratamientos	Dosis L/ha	Relación Grano Paja	Peso de grano (g)	Rendimiento (kg/ha)
Promet Zinc	0,5	1,46	28,33 b	5386,93 b
Promet Zinc	1,0	1,45	31,53 a	8083,43 a
Metalosate Zinc	0,5	1,47	27,43 bc	4914,20 b
Metalosate Zinc	1,0	1,45	28,27 b	5909,10 b
Ned Zinc	0,5	1,46	23,73 e	3872,90 b
Ned Zinc	1,0	1,44	25,00 de	4146,90 b
Fertall Zinc Plus	0,5	1,45	26,23 cd	4398,70 b
Fertall Zinc Plus	1,0	1,45	27,10 bc	5163,77 b
Testigo	N.A.	1,45	23,27 e	4461,90 b
Promedio general		1,45	26,77	5148,55
Significancia estadística		Ns	**	**
Coeficiente de variación (%)		1,07	2,51	14,29

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey

$P \leq 0,05$ .

\*\* : Altamente significativa

N.A: No aplica

#### 4.11 Análisis foliar

El Cuadro 6 presenta el resultado del análisis foliar realizado a los tratamientos del ensayo.

El análisis se estableció que las concentraciones de Zinc en tejido vegetal, presentaron niveles altos en todas las muestras. Se alcanzó el mayor nivel con Ned Zinc y Fertall Zinc Plus ambos en dosis de 0,5 L/ha (36 ppm), y la menor en el Testigo (24 ppm).

Cuadro 6. Comparación de análisis foliar con aplicación de fertilizantes foliares a base zinc, sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz. Babahoyo, Los Ríos. 2017.

Tratamiento	Dosis L/ha	ppm
Promet Zinc	0,5	33 A
Promet Zinc	1,0	30 A
Metalosate Zinc	0,5	24 A
Metalosate Zinc	1,0	25 A
Ned Zinc	0,5	36 A
Ned Zinc	1,0	33 A
Fertall Zinc Plus	0,5	36 A
Fertall Zinc Plus	1,0	30 A
Testigo	N.A.	24 A

N.A: No aplica

#### 4.12 Evaluación económica

En el Cuadro 7, se presentan los promedios de la evaluación económica, realizada a los tratamientos, con el análisis de ingresos y egresos. Aplicando Promet Zinc 1,0 L/ha se obtuvo la mayor utilidad con \$1447,44, presentándose el menor ingreso con el rendimiento de Ned Zinc 0,5 L/ha con \$ 229,52.

Cuadro 7. Análisis económico. Babahoyo, 2017.

Tratamiento	Dosis Lt/ha	Rendimiento kg/ha	Ingreso	C1	C2	C3	C4	Costo Total	Utilidad Neta	B/C
Promet Zinc	0,5	5386,93	1715,31	639,0	236,77	29,0	141,76	1046,5	668,78	1,64
Promet Zinc	1,0	8083,43	2573,93	639,0	236,77	38,0	212,72	1126,5	<b>1447,44</b>	<b>2,28</b>
Metalosate Zinc	0,5	4914,20	1564,78	639,0	236,77	27,5	129,32	1032,6	532,19	1,52
Metalosate Zinc	1,0	5909,10	1881,58	639,0	236,77	35,0	155,50	1066,3	815,31	1,76
Ned Zinc	0,5	3872,90	1233,21	639,0	236,77	26,0	101,92	1003,7	<b>229,52</b>	<b>1,23</b>
Ned Zinc	1,0	4146,90	1320,46	639,0	236,77	32,0	109,13	1016,9	303,56	1,30
Fertall Zinc Plus	0,5	4398,70	1400,64	639,0	236,77	27,0	115,76	1018,5	382,11	1,38
Fertall Zinc Plus	1,0	5163,77	1644,25	639,0	236,77	34,0	135,89	1045,7	598,59	1,57
Testigo	N.A.	4461,90	1420,76	639,0	236,77	0,0	117,42	993,2	427,57	1,43

C1: Costos fijos agroquímicos  
 C2: Costos fertilización  
 C3: Costos Tratamientos  
 C4: Costos Cosecha

## V. DISCUSIÓN

Los resultados encontrados en la investigación demuestran que el uso de fertilizantes foliares con Zinc en programas de aplicación, elevan el rendimiento de grano en el cultivo de arroz.

Las aplicaciones de fertilizantes foliares a base de zinc, mostró mejoramiento de las características morfológicas y fisiológicas del cultivo, el cual alcanzó aumentando el crecimiento de la planta y mejoró calidad de la producción. La aplicación de Promet Zinc 1,0 L/ha mejoró esta condición, lo que concuerda con lo manifestado por Piagetti (2006), quien indica que el zinc forma parte de los nutrientes esenciales para la planta que son tomados del suelo; es un elemento que la planta lo requiere en pequeñas cantidades es decir, es un micronutriente; al igual que los demás nutrientes esenciales, la planta lo requiere para realizar las diferentes funciones que este nutriente desempeña en ella, la falta de este nutriente para la planta ocasionara una seria de anomalías, lo cual atrofiara su estado y podría ocasionarle la muerte.

La observación de los diferentes resultados estadísticos muestran también que el uso de programas de nutrición foliar con zinc generan diferencias en especial la producción, esto lo corrobora Gavi (2013) quien manifiesta que el uso de fertilizantes foliares se ha vuelto indispensable debido a la baja fertilidad de la mayoría de los suelos para los altos rendimientos y la buena calidad que se esperan en la actualidad, por lo que el uso adecuado de ellos es importante para una agricultura sostenible. Así como lo descrito por Valdiviezo (2005) al decir que todas las especies vegetales cultivables, para su nutrición, necesitan disponer de una cantidad adecuada de nutrientes, suministrado por el suelo o por una fertilización balanceada.

Las aplicaciones de fertilizantes foliares, generan la formación de moléculas que estimulan las defensas, esto hace que se produzca aumentos en la productividad del cultivo, como lo mencionan Gutiérrez, Prystupa y Ferraris (2007), quienes indican que el Zinc es un activador de enzimas, que interviene

en la síntesis de la hormona de crecimiento (control hormonal) y actúa en la síntesis proteica, no es estructural. Hay considerable evidencia de la participación del Zinc en la síntesis de AIA (ácido indol acético), pero no se conocen con exactitud los mecanismos. Las auxinas son responsables de rutas metabólicas que activa elicitores en las plantas y formación de fitoalexinas.

El mayor rendimiento en peso de grano se encontró cuando se utilizó Promet Zinc 1,0 L/ha con 8083,43 kg/ha, lo que ratifica lo manifestado por QSI (2016), quienes dicen que los productos foliares aplicados en arroz actúan como suplemento de fertilización edáfica. Cuando se utiliza en los periodos apropiados, mejora las características bioquímicas generales de la planta y determina un considerable incremento en la calidad y cantidad de producción.

## **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Según los resultados obtenidos en este ensayo se concluye lo siguiente:

1. Los Programas de nutrición foliar con Zinc presentaron influencias marcadas sobre el comportamiento agronómico del arroz.
2. La altura de planta fue mayor al resto de tratamientos cuando se aplicó Promet Zinc 1,0 L/ha, permitió obtener más macollos, panículas que los otros tratamientos.
3. La longitud de panícula fue mayor con la aplicación de Promet Zinc 1,0 L/ha, dando también más granos sanos con el mismo producto y dosis.
4. No se reportó significancia estadística en las plantas tratadas con los programas de aplicación de Zinc en los días a floración y cosecha.
5. No hubo diferencias estadísticas en la relación grano/paja entre los tratamientos aplicados.
6. La aplicación del foliar Promet Zinc 1,0 L/ha produjo mayor rendimiento, siendo superior a los otros tratamientos.
7. El análisis foliar determinó que las concentraciones de Zinc en tejido vegetal, presentaron niveles altos en todas las muestras.
8. Con la aplicación del Promet Zinc 1,0 L/ha se tuvo la mayor utilidad, en comparación a los otros tratamientos.

Analizadas las conclusiones, se recomienda:

1. Aplicar Promet Zinc 1,0 L/ha como fertilización foliar en arroz comercial, para elevar la producción de grano.
2. Utilizar Zn como complemento en programas de nutrición en arroz, por su baja disponibilidad en el suelo.
3. Realizar investigaciones con otras fuentes y dosis de Zinc, en diferentes localidades agroecológicas.

## VII. RESUMEN

La investigación fue efectuada en los terrenos de la granja experimental Palmar de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicado en el km 12,5 de la vía Babahoyo-Montalvo. Se investigaron nueve tratamientos y tres repeticiones.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento agronómico de del arroz con la aplicación de programas de nutrición foliar con zinc, para determinar el producto más influyente sobre la producción del arroz. La siembra de arroz se hizo con las variedades INIAP-FL-1480 Cristalino en parcelas de 16 m<sup>2</sup>. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar. Para la evaluación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5 % de significancia.

Las variables estudiadas fueron: altura de plantas, número de macollos por m<sup>2</sup>, granos por panícula, longitud y número de panículas m<sup>2</sup>, días a floración, días a cosecha, número de granos por panícula, relación grano/paja, peso 1000 semillas, rendimiento por hectárea, análisis foliar y análisis económico.

Los resultados mostraron que las variables agronómicas: altura de planta, número de macollos, panículas/m<sup>2</sup>, longitud de panícula, granos por panícula, peso de grano y rendimiento por hectárea, presentaron significancia estadística. Las variables días a floración, días a cosecha y relación grano/paja, no tuvieron significancia. El mayor rendimiento del cultivo (8083,43 kg/ha) se presentó aplicando Promet Zinc en dosis de 1,0 L/ha.

**Palabras claves:** fertilizante, foliar, zinc, cultivo de arroz.

## VIII. SUMMARY

The investigation was made in the lands of the experimental farm Palmar of the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Babahoyo, located in the km 12,5 of the road Babahoyo-Montalvo. Nine treatments and three repetitions were investigated.

The objective of this investigation was to evaluate the agronomic behavior of the rice with the application of nutrition programs to foliate with zinc, to determine the most influential product on the production of the rice. The crops of rice was made with the varieties INIAP-FL-1480 Crystalline in parcels of 16 m<sup>2</sup>. The treatments were distributed at random in a design of complete blocks. For the evaluation of stockings the test was used from Tukey to 5 % significance.

The studied variables were: height of plants, plants number for m<sup>2</sup>, grains for panicle, longitude and number of panicle m<sup>2</sup>, days to flowering, days to crop, number of grains for panicle, relationship grain/foliate, weight 1000 seeds, yield for hectare, analysis to foliate and economic analysis.

The results showed that the agronomic variables: plant height, plants number, panicle/m<sup>2</sup>, panicle longitude, grains for panicle, grain weight and yield for hectare, presented statistical significance. The variable days to flowering, days to crop and relationship grain/foliate, they didn't have significance. The biggest yield in the cultivation (8083,43 kg/ha) it was presented applying Promet Zinc in dose of 1,0 L/ha.

**Key words:** fertilizer, foliar, zinc, rice cultivation.

## IX. LITERATURA CITADA

1. AGRIPAC. (2017). Catálogo de productos y servicios. Disponible en [www.agripac.com.ec](http://www.agripac.com.ec).
2. Albornoz, F. (2008). La dosis correcta, en el tiempo correcto, en el lugar correcto y de la fuente correcta. Disponible en [http://www.redagricola.com/reportajes /nutricion/la-dosis-correcta-en-el-tiempo-correcto-en-el-lugar-correcto-y-de-la-fuente-cor](http://www.redagricola.com/reportajes/nutricion/la-dosis-correcta-en-el-tiempo-correcto-en-el-lugar-correcto-y-de-la-fuente-cor)
3. Barbieri, PA; HR Sainz Rozas & HE Echeverría. (2008). Time of nitrogen application affects nitrogen use efficiency of wheat in the humid pampas of Argentina. *Canadian Journal of Plant Science* 88: 849-857.
4. Barker AV, Pilbeam DJ. (2006). *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press. USA. 125p.
5. Barriga, F. (2010). Mejoramiento de idiotipo de maíz. En F. Barriga, Mejoramiento de idiotipo de maíz (pág. 454). Turrialba, CR.
6. Castañeda, L.; Conde A.; (1992). Prueba de campo de metalosatos multiminerales en la costa de Guatemala. *Dewayne sanead. ASA*. P 213-216
7. CIA (2010). [www.cia.ucr.ac.cr](http://www.cia.ucr.ac.cr) Fertilización de los suelos y manejo de la nutrición de cultivos en Costa Rica. Disponible en [http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/ Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilidad %20de% 20Suelos.pdf](http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilidad%20de%20Suelos.pdf)
8. CIA. (2004). Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones. Costa Rica <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>
9. CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical. (2006). Arroz: Investigación y Producción. Los macro nutrientes en La nutrición de la planta de arroz, Colombia. P 108
10. Colina, E. (2016). Efectos de la aplicación de las micorrizas en sistemas de producción en el cultivo de cacao nacional, en la zona de Febres-Cordero, provincia de Los Ríos. Tesis de Investigación Magister en Agroecología y Agricultura Sostenible. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil. 85p.

11. FAO-CCI-CTA. (2013). World Markets for Organic Fruit and Vegetables. Circular nº 42/2013, 05/06/01. pp. 40-42.
12. Gavi, F. (2013). Uso de fertilizantes. En línea. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Usode%20Fertilizantes.pdf>
13. Gutiérrez Boem F., Prystupa, P., Ferraris, G. (2007). Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops. *Journal of Plant Nutrition*, 30: 93-104.
14. InfoAgro, (2017). El zinc como nutriente esencial. Consultado el 18 de noviembre del 2017. Disponible en: [http://www.infoagro.com/cereales/zinc\\_nutriente\\_esencial2.htm](http://www.infoagro.com/cereales/zinc_nutriente_esencial2.htm)
15. INFOAGRO. (2014). Estadística en la Producción de arroz (en línea). Consultado el 5 enero del 2018. Disponible en <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>
16. Instituto del fosforo y la potasa - INPOFOS. (2013). Fertilización de soya en el Ecuador. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/c7cae45a06ec30d803256b22006c3f4d/\\$FILE/aa3.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/c7cae45a06ec30d803256b22006c3f4d/$FILE/aa3.pdf)
17. Kumar JIN, Kumar RN, Kumar BR, Sajish PR. (2009). Quantification of nutrient content in the aboveground biomass of teak plantation in a tropical dry deciduous forest of Udaipur, India. *J For Sci* 55 (6):251-256.
18. Melgar R. J., J. Lavandera, M. Torres Duggan , y L. Ventimiglia. (2001). Micronutrientes en sistemas intensivos de producción de maíz: respuesta a la fertilización con boro y zinc. *Rev. Ciencia del Suelo* 19(2) 109-114.
19. Muller-Dambois, D.; ElleMBERG, H. (2004). *Aims and Methods of vegetation ecology*. Wiley and Sons, New York. 547 p.
20. Nideragro. (2017). Ficha Técnica de Ned Zinc. Disponible en [http://nideragro.com/WebNideragro/?page\\_id=627](http://nideragro.com/WebNideragro/?page_id=627)
21. Neira, R. (2010). Tecnología del cultivo de arroz. En: *Memorias de II Feria sobre tecnología del cultivo y manejo de arroz*. Daule, Ecuador, 15 al 17 de septiembre 2010. pp. 38-72.
22. Pérez, M. (2008). Evaluación de la aplicación de fertilizantes foliares en el cultivo de soya (*Glycine máx. M.*) en el cantón Las Naves. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Agraria del Ecuador. pp. 2-25

23. Piagetti, A. (2004). El zinc en las plantas. En Los micronutrientes en la nutrición vegetal. Disponible en [www.valagro.com/pdf](http://www.valagro.com/pdf).
24. QSI. (2017). Catálogo de productos y servicios. Disponible en [www.quifatex.qsi.com](http://www.quifatex.qsi.com)
25. Química Suiza Industrial-QSI. (2016). Catálogo de productos y servicios. Disponible en [www.qsi.com.ec](http://www.qsi.com.ec).
26. Rodríguez, J. (1999). Fertilización del cultivo de arroz, fertiga. Costa Rica disponible en [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-III\\_123.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_123.pdf)
27. Rodríguez, O. (1989). Comparación de la CIC en dos suelos, utilizando Acetato de Amonio, Acetato de Sodio y Cloruro de Amonio. Financiado por el proyecto CDCHT-UCLA 03-2A-96. UCLA Decanato de Agronomía. Dep. de Química y Suelos. Apartado 400. Lara-Venezuela..net.ve Agron. v.19, n.4 Caracas.
28. Satorre, E. (2012). Introducción: Los sistemas de producción en posibles escenarios de cambio climático. Módulo 1: Ecofisiología y Genética de Maíz y Soja: Stress de los cultivos y el clima. Nuevos caminos para su manejo. Cátedra de Cereales, Facultad de Agronomía, UBA. 15p.
29. Sierra, L.; Simonne, P.; Treadwell, B. (2007). Manejo y rotación de cultivos de cereales, fertilización de los cultivos, Edit MacGraw -Hill, Madrid. pp 32-39.
30. Steward, W. (2001). Fertilizantes y el Ambiente. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Informaciones Agronómicas N° 44. pp. 6 – 7.

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Costos de producción

### COSTO DE PRODUCCION

ACTIVIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
<b>Preparación de suelos</b>				
Rastrada	Ha	35,00	3,00	105,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>105,00</b>
<b>Siembra</b>				
Semilla	SACO	2,00	75,00	150,00
Siembra	jornal	10,00	4,00	40,00
				<b>190,00</b>
<b>SUBTOTAL</b>				<b>295,00</b>
<b>Control de malezas</b>				
Pendimetalin	lt	12,00	3,00	36,00
Butaclor	lt	10,00	4,00	40,00
Pirasulfuron	300 g	25,00	1,00	25,00
Metsulfuron	16 g	13,00	2,00	26,00
Cyhalafob	jornal	70,00	1,00	70,00
Desyerba	jornal	10,00	10,00	100,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>170,00</b>
<b>Control de plagas</b>				
Cypermtrina	lt	12,00	2,00	24,00
Sulfato de cobre	lt	32,00	0,00	0,00
Aplicación	Jornal	10,00	2,00	20,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>44,00</b>
<b>Fertilización Foliar</b>				
Zinquel	lt	15,00	1,00	15,00
Aplicación	jornal	10,00	1,00	10,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>25,00</b>
<b>Cosecha</b>				
<b>EGRESOS</b>				<b>639,00</b>

## Anexo 2. Costos de fertilización

UREA	DAP	Sulfato	MURIATO	
120	0	20	80	
130,43	0	31,67	74,67	236,77

### Anexo 3. Costos de tratamiento

	<b>Dosis L/ha</b>	<b>Costo</b>	<b>Valor aplicación</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Total</b>
Promet Zinc	0,5	18	9	20	29
Promet Zinc	1,0	18	18	20	38
Metalosate Zinc	0,5	15	7,5	20	27,5
Metalosate Zinc	1,0	15	15	20	35
Ned Zinc	0,5	12	6	20	26
Ned Zinc	1,0	12	12	20	32
Fertall Zinc Plus	0,5	14	7	20	27
Fertall Zinc Plus	1,0	14	14	20	34

## IMAGENES DEL ENSAYO



**Figura 1.** Aplicación de los tratamientos.



**Figura 2.** Cultivo en desarrollo.



**Figura 3.** Ubicación de tratamientos.



**Figura 4.** Efectos de los tratamientos.



**Figura 5.** Evaluación de altura de planta.



**Figuras 6.** Peso de 1000 granos.



**Figuras 7.** Toma de datos.



**Figura 8.** Cosecha del cultivo.