

**Evaluación de los microelementos Zinc, Cobre, Magnesio y Manganeso, como enraizante en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa L*). Variedades Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1 en el municipio de Piedras – Tolima.**

**Danna Alejandra Rodríguez Carvajal**

**Denis Milena Buitrago Gutiérrez**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD**

**Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente**

**Programa de Agronomía**

**Ibagué – 2019**

**Evaluación de los microelementos Zinc, Cobre, Magnesio y Manganeso, como enraizante en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa L.*). Variedades Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1 en el municipio de Piedras – Tolima.**

**Autores**

**Danna Alejandra Rodríguez Carvajal**

**Denis Milena Buitrago Gutiérrez**

**Proyecto aplicado como requisito parcial para optar al título de profesional de Agrónomo.**

**Asesor**

**Francisco José Montealegre Torres**

**Ingeniero Agrónomo especialista en Gestión de Proyectos.**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD**

**Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente**

**CEAD – Ibagué**

**Octubre 2019**

## RESUMEN ANALÍTICO ESPECIALIZADO RAE

Tema	Desarrollo rural
Título	Evaluación de los microelementos Zinc, Cobre, Magnesio y Manganeso, como enraizante en el cultivo de arroz ( <i>Oryza Sativa l</i> ). Variedades Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1 en el municipio de Piedras – Tolima.
Autores	Danna Alejandra Rodríguez Carvajal Denis Milena Buitrago Gutiérrez
Fuente bibliográfica	<p>Agronet . (16 de 07 de 2019). <i>Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural</i>. Agronet . Obtenido de <a href="https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1#">https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1#</a></p> <p>Aguilar, A., Muñoz L., A., &amp; Jimenez D., R. (2016). “<i>Bases de datos de cultivos de arroz en Colombia, Nicaragua y Perú con información en suelos, manejo de cultivo, clima y rendimiento</i>”. International Center For Tropical Agriculture .</p> <p>Aramendiz Tatis, H., Espitia Camacho, M., &amp; Cardona Ayala, C. (Marzo de 2011). Adaptación del arroz riego (<i>Oryza sativa L.</i>) en el Caribe colombiano. <i>Acta Agronómica</i>, 60(1), 1-12. Obtenido de <a href="https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/21153/22317">https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/21153/22317</a></p> <p>Arroz. (s.f). <i>EcuRed</i>. Obtenido de <a href="https://www.ecured.cu/Arroz#Taxonom.C3.ADA">https://www.ecured.cu/Arroz#Taxonom.C3.ADA</a></p> <p>Banco Agrícola de Venezuela . (17 de Abril de 2015). <i>Siembra fertilización y riego del cultivo de arroz</i>. (B. A. Venezuela, Productor) Obtenido de <a href="https://www.youtube.com/watch?v=CG4vpvcwAjl">https://www.youtube.com/watch?v=CG4vpvcwAjl</a></p> <p>Cantone, A. (7 de Septiembre de 2017). <i>la receta perfecta</i> . Obtenido de <a href="http://larecetaperfectasena.blogspot.com/2017/09/blog-post.html">http://larecetaperfectasena.blogspot.com/2017/09/blog-post.html</a></p> <p>CEPAL. (2017). <i>Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2017-2018</i>. San José, Costa Rica: Hugo Chavarría. Obtenido de</p>

	<p><a href="https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42281/1/PerspAgricultura2017-2018_es.pdf">https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42281/1/PerspAgricultura2017-2018_es.pdf</a></p> <p>Chaudhary, R., Nanda, J., &amp; Tran, D. (2003). <i>Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz</i>. Roma: FAO.</p> <p>Degiovanni B., V., Martínez R., C. P., &amp; Motta O., F. (2010). <i>Producción Eco-Eficiente del arroz en América Latina. Tomo 1</i>. Cali, Colombia : CIAT.</p> <p>Diaz Granados, C., &amp; Chaparro-Giraldo, A. (Diciembre de 2012). Métodos y usos agrícolas de la ingeniería genética aplicada al cultivo del arroz. <i>Rev. colomb. biotecnol.</i>, 14(2), 179-195. Obtenido de <a href="https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/37419/40420">https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/37419/40420</a></p> <p>FAO. (s.f.). <i>Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura</i>. Obtenido de <a href="http://www.fao.org/3/y2778s/y2778s04.htm">http://www.fao.org/3/y2778s/y2778s04.htm</a></p> <p>Fedearroz. (s.f.). Obtenido de <a href="http://www.fedearroz.com.co/new/agroquimicos2.php?id=Semilla">http://www.fedearroz.com.co/new/agroquimicos2.php?id=Semilla</a></p> <p>infoAgro.com. (s.f.). <i>InfoAgro.com</i>. Obtenido de <a href="http://www.infoagro.com/abonos/microelementos_quelataados.htm">http://www.infoagro.com/abonos/microelementos_quelataados.htm</a></p> <p>JIANG, S., SHI, C., &amp; WU, J. (August de 2009). Studies on mineral nutrition and safety of wild rice (<i>Oryza L.</i>). <i>International Journal of Food Sciences and Nutrition</i>, 60(S1), 139-147.</p> <p>Junguito, R., Perfetti, J. J., &amp; Becerra, A. (2014). <i>DESARROLLO DE LA AGRICULTURA COLOMBIANA</i>. Fedesarrollo . Obtenido de <a href="https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/151/CDF_No_48_Marzo_2014.pdf?sequence=3&amp;isAllowed=y">https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/151/CDF_No_48_Marzo_2014.pdf?sequence=3&amp;isAllowed=y</a></p>
Año	2019
Resumen	<p>El estudio se realizó en el Municipio de Piedras – Tolima, en el primer y segundo semestre del año 2019 durante los meses de Junio y Julio, el lugar cuenta con una altura de 605 (m. s. n. m), una Temperatura promedio de 28°C, una radiación solar en promedio de 418,25 <math>W/m^2</math> y una precipitación anual de 1.012 mm, con una humedad relativa de 55,27% en promedio. La</p>

	<p>importancia de realizar este proyecto va enfocada en buscar una solución a un problema de enraizamiento en el cultivo de arroz (<i>Oryza Sativa L</i>), debido a que es una problemática de gran importancia a la hora de asegurar las cosechas, puesto que la deficiencia de estos elementos ocurre frecuentemente en el cultivo. Se busca verificar la respuesta de la raíz a 5 tratamientos utilizando 4 microelementos Zinc, Cobre, Magnesio, Manganeso comparado con un testigo absoluto, los cuales ayudan en la regulación de varias enzimas, así mismo evaluar cuál de estos elementos aporta a un mejor desarrollo radicular, considerando que la raíz es el principal órgano de absorción de los nutrientes. El desarrollo del estudio se estimó como un proyecto aplicado, sostenido en un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) de campo y documental. El documento está estructurado en 4 secciones. En la primera se exponen los Objetivos, Planteamiento del Problema y Justificación. En la segunda parte está el Marco teórico, Antecedentes y Metodología. En la tercera sección están los resultados. El documento finaliza con unas conclusiones y recomendaciones. Los resultados son: En la variedad <i>Fedearroz 67</i>, el Mn causa un mejor desarrollo radicular con un valor máximo de 68,86 Cm<sup>2</sup>. De los cuatro microelementos estudiados, el Zn causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de la variedad <i>Fedearroz 68</i>, con un valor máximo de 62,966 Cm<sup>2</sup>. El Microelemento que genera un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de la variedad <i>Oryzica 1</i> es el Mg, con un crecimiento máximo de 39,85 Cm<sup>2</sup>.</p>
<p>Palabras claves</p>	<p>Absorción, Enraizamiento, Mineral, Nutrición, Precipitación, Radiación, Testigo.</p>
<p>Descripción del problema de investigación</p>	<p>Se ha verificado que los microelementos Zinc, Cobre, Magnesio y Manganeso, por si solos tienen efectos notorios en el crecimiento de la planta de arroz (<i>Oryza sativa L</i>) (FAO, s.f.; (Mejía &amp; Menjívar, 2010). Pero no se tiene conocimiento sobre cuál de aquellos microelementos es el más eficaz</p>

para el enraizamiento de las variedades Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1.

De allí la importancia de investigar si en la aplicación de los microelementos quelatados directamente a la semilla, existe una relevancia significativa en cuanto al desarrollo radicular de la planta de arroz (*Oryza sativa L.*), para que de esta manera se logre determinar su viabilidad y comportamiento en las distintas variedades a evaluar.

Si bien se han realizado estudios que demuestran la relación de los microelementos con el enraizamiento del arroz. En el caso del Zinc es importante ya que, en tierras húmedas, en suelos alcalinos o cercanos a la neutralidad, especialmente en aquellos de origen calcáreo, el cultivo de arroz presenta deficiencia de este elemento. Y a deficiencias severas de zinc, las plántulas de arroz trasplantado pueden morir o, en el caso de la siembra directa, las plántulas pueden no emerger (Chaudhary, Nanda, & Tran, 2003, p.24). Se ha evidenciado que la deficiencia de zinc está explicada por un alto pH del suelo o del agua de riego, también a reducción química del suelo, baja temperatura o altas dosis de aplicación de nitrógeno y fósforo (Chaudhary, Nanda, & Tran, 2003).

En cuanto al Manganeso la deficiencia raramente se encuentra en campo, sin embargo, en algunos suelos bien drenados o en algunos inundados se puede presentar. Las plantas que no obtienen manganeso, aunque tengan un número normal de tallos, son raquílicas. Es otro elemento importante para el cultivo del arroz, su principal función es la de agente activador enzimático en procesos como respiración del N. Interviene en el ciclo de Krebs y el ciclo de Calvin (Rodríguez, 1999). El Magnesio por el contrario genera que las altas concentraciones de K y NH<sub>4</sub> tienden a restringir la disponibilidad de magnesio. (Chaudhary, Nanda, & Tran, 2003). Enuncian que la deficiencia de Magnesio no afecta la altura de la planta y el número de tallos, pero sí afecta la taxonomía y resistencia de las hojas. Por otro lado, el Cobre regula las reacciones enzimáticas de la planta de arroz, una de las cuales afecta la esterilidad y la capacidad de la planta para formar granos. La absorción de

	<p>cobre es básicamente independiente y está relacionada de manera inicial con los niveles de cobre disponible en el suelo. El cobre se encuentra en el suelo como óxido, carbonato, silicato y sulfato. La inundación del suelo disminuye la disponibilidad de cobre y molibdeno en el suelo. En los suelos inundados, la disminución de la concentración de cobre es causada por la precipitación de los hidróxidos, los carbonatos y los quelatos orgánicos, todos los que son afectados indirectamente por los cambios de pH. (Chaudhary, Nanda, &amp; Tran, 2003).</p> <p>El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR) y Fedearroz reunieron información de 13 fincas productoras ubicadas a lo largo de cuatro municipios del departamento del Tolima: Ibagué, Piedras, Alvarado y Venadillo. Se obtuvieron las propiedades físico-químicas del suelo y descubrieron elementos como Zinc, Cobre, Magnesio y Manganeso, entre otros. Los descubrimientos concluyen en la importancia de aquellos elementos para el enraizamiento de la planta de arroz, bien sea por propiedades del suelo o por medio de riego. Pero no se especifica cual es el que presenta mayor influencia en este proceso agronómico. Por otra parte, en la localidad de Piedras desde los años 2015 y 2017 se han implementado las variedades de arroz Fedearroz 67 y Fedearroz 68 respectivamente. De allí la importancia de realizar este proyecto enfocado a identificar el microelemento que más influye en el enraizamiento de las variedades de arroz Fedearroz 67 y Fedearroz 68, verificando la respuesta de la raíz en 5 tratamientos, utilizando 4 elementos menores: Zinc, Cobre, Magnesio y Manganeso, además de un testigo absoluto. Debido a que es una problemática de gran importancia a la hora de asegurar las cosechas, puesto que la deficiencia de estos elementos ocurre frecuentemente en el cultivo del arroz.</p>
<p>Objetivo general</p>	<p>Determinar cuál de los microelementos Zinc, Cobre, Magnesio y Manganeso, causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de las variedades Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1.</p>

<p>Objetivos específicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar el efecto que tienen los microelementos en el crecimiento radicular de la planta.</li> <li>• Evaluar la respuesta en el enraizamiento a los tratamientos, con los microelementos Zinc, Cobre, Magnesio, Manganeso en la planta de arroz <u><i>Oryza sativa L.</i></u>, en las variedades Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1.</li> <li>• Contrastar los resultados obtenidos por cada microelemento, por medio de un análisis estadístico cuantitativo y cualitativo.</li> </ul>
<p>Metodología</p>	<p>El estudio se realizó en el lote 15 de la Finca Agrícola el Chaco, con un área total de 10.5 Ha de las cuales 250m<sup>2</sup> del terreno fueron destinados para el estudio. El suelo posee una textura Franco-Arenosa y un pH de 6.62.</p> <p>La primera actividad que se llevó a cabo fue la lectura y revisión del análisis de suelo del lote, para tener en cuenta que elementos y en qué proporción se encontraban en el suelo.</p> <p>Se procedió a realizar la medición del área 250m<sup>2</sup>, el terreno ya contaba con la preparación adecuada (3 pases de rastra, Nivelación con Landplane, Caballoneo con taipa para la distribución del riego). Posterior se llevó a cabo el conteo de las 6.000 semillas de Arroz <u><i>Oryza sativa L.</i></u> Variedad: Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1 correspondiente a 2.000 semillas/variedad. Así mismo se llevó a cabo la aplicación de los insumos a las 1.200 semillas de arroz cada una con su tratamiento respectivo (Zn, Cu, Mg, Mn y testigo absoluto). El siguiente paso a realizar fue la elaboración de las estacas con la asignación de un color/estaca de acuerdo al tratamiento (Amarillo-Zinc, Rojo-Cobre, Azul-Magnesio, Verde-Manganeso), las cuales fueron llevadas a campo a realizar el montaje. El montaje consistió en la elaboración de 20 parcelas/variedad con una medición de 1m<sup>2</sup> cada una, la cual fueron distribuidas en 4 bloques con 5 parcelas y/o tratamiento cada una, contando el testigo absoluto. Posterior se realizó la demarcación de las parcelas con unos tableros con la siguiente numeración de acuerdo al número del bloque y número del tratamiento: (101 – siendo el primer dígito el número del bloque y el tercer dígito número del tratamiento), Por consiguiente las numeraciones de los bloques y tratamientos fueron los siguientes: ( 101, 102, 103, 104, 105,</p>



	<p>201, 202, 203, 204, 205, 301, 302, 303, 304, 305, 401, 402, 403, 404, 405); de acuerdo al color de los tratamientos así mismo era la demarcación numérica (1-Zinc, 2-Cobre, 3-Magnesio, 4-Manganeso, 5 testigo absoluto), esto con el fin de evitar alguna preferencia hacia uno de los micro elementos, teniendo conocimiento de cual aporta más al desarrollo radicular.</p> <p>Después de tener el montaje terminado, pasamos a la siembra de las variedades las cual se realizó por parcela con una densidad de 100 semillas/m<sup>2</sup>, a una distancia de 10*10 cm entre planta y surco, con fecha de siembra del 11 de junio del 2019.</p> <p>La siguiente actividad que se realizo fue el riego por gravedad a los 15 días de la siembra, para permitir la emergencia de las plantas, con una fecha de germinación del 30 de junio, con un porcentaje promedio del 80%.</p> <p>Constantemente se realizaba manejo de arvenses manuales.</p> <p>Las evaluaciones del desarrollo radicular se realizaron a los 15, 20, 25 y 30 días después de la fecha de germinación, siendo la primera evaluación el 4 de julio del 2019, la segunda evaluación el 9 de julio del 2019, la tercera evaluación el 15 de julio del 2019 y la última evaluación el 22 de julio del 2019. En cada una de estas evaluaciones se tomaban 15 plantas de muestra por parcela/tratamiento para realizar el estudio de la raíz Longitud/ancho, para un total de 60 plantas/parcela/tratamiento evaluadas.</p> <p>Por ultimo después de obtener todos los datos se analizaron estadísticamente.</p>
<p>Principales referentes teóricos y conceptuales</p>	<p>Es necesario apoyar el desarrollo y la transformación del sector agrícola en Colombia, mediante la implementación de nuevos métodos de producción apoyados en tecnología, como lo es la Aeroponía, mejorando la calidad de los productos, aumentando la producción por área sembrada y disminuyendo los tiempo de cosecha; todo lo anterior haciendo uso eficiente del recurso hídrico, preservando la calidad de los suelos e incursionando en la producción de alimentos orgánicos y la promoción de la agricultura urbana; este último término se relaciona con la posibilidad de producir alimentos lo más cercano posible al consumidor final, huertas caseras, granjas tecnificadas alrededor de la ciudad, apoyando la seguridad alimentaria y la disponibilidad de un</p>

producto fresco y de calidad. La agricultura se ha convertido en una labor fundamental no solo en nuestro país, sino en el mundo entero, ya que depende de la misma para asegurar el alimento futuro de la humanidad, por esta razón han existido alternativas las cuales se han enfocado en mejorar la producción agrícola promoviendo la conservación del suelo, las cuencas hidrográficas y sobre todo la preservación de la biodiversidad, es por ello, la necesidad hacia el desarrollo y la transformación eficiente del sector, mediante técnicas de siembra que permiten mejorar los indicadores de producción, mantener plantas saludables, bajo consumo de agua, lo cual es una de las principales ventajas ecológicas del cultivo, ya que se designa un requerimiento menor de este factor por cada metro cuadrado, además cuando son usados de manera comercial, solo utilizan una décima parte del agua necesaria con otros métodos de cultivo para hacer crecer la cosecha como se cita en (Hernández et al.,2013, p 20) por lo consiguiente y referente a lo anterior, no sucede lo mismo en los cultivos tradicionales, debido a que “el agua que no va directamente a las raíces de la planta, es absorbida por la tierra o simplemente luego evaporada” (Rocha et al.,2017 p 134). Por lo tanto, se puede afirmar que a través de esta técnica innovadora se puede obtener un ahorro de agua por encima del 80% con respecto al total de agua que se usa en el tiempo de riego

Colombia es un país que en gran parte depende de la agricultura como parte del progreso económico del mismo, por lo tanto, implementar el sistema Aeropónico Automatizado permite obtener un modelo con las características deseadas del cultivo, en este caso de Cilantro (*Coriandrum sativum*) el cual pretende demostrar un estilo de producción útil, segura, ecológica, sustentable y de calidad para enfrentar grandes retos en cuestión económicos y sobre todo como recurso eficiente para la seguridad alimentaria y de esta manera tener más participación y competitividad frente a otros países del mundo.

Según el PECTIT 2020 del departamento del Tolima, Ibagué es su capital y lugar donde se desarrollará el proyecto aplicado, en su objetivo específico 4

	<p>manifiesta el apoyo a la generación y desarrollo de conocimiento tecnológico para la solución tecnológica de problemas y necesidades de la región, donde las agropecuarias ocupan el primer lugar en el sector productivo. Por tanto, el desarrollo de este proyecto va en línea con el plan estratégico del Tolima y por ello existe la alta posibilidad de recibir apoyo para avanzar en proyectos investigativos basados en el que plantea esta propuesta. Desarrollar exitosamente este proyecto, permitirá validar el funcionamiento del prototipo automatizado de cultivo aeropónico, mediante pruebas con especímenes de Cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>) esto representará para la población académica de la UNAD la posibilidad de tener un laboratorio para áreas de agronomía, electrónica y telecomunicaciones; que servirá de apoyo para que estudiantes e investigadores avancen en diferentes proyectos aplicados o de investigación. Todo lo anterior contribuirá en un futuro a la mejora de los indicadores del sector agropecuario y su impacto en la economía del país, si vislumbramos una etapa de postconflicto apoyar el campo mediante estos proyectos será una estrategia fundamental de la UNAD para la sociedad como se ha demostrado recientemente en el lanzamiento de Campo UNAD</p>
Resultados	<p>Con respecto al porcentaje de germinación, los microelementos tuvieron un efecto en la planta de arroz en promedio entre 90,25% y 92,75%. Siendo el Magnesio el mineral que menos contribuyó a la germinación. Por su parte, el Zinc es el mineral que más contribuye a la germinación. También se destaca que durante los primeros 15 días del tratamiento, las plantas variaron muy poco en su germinación, se comportaron de una manera muy homogénea para los 4 microelementos. Con relación a la longitud de la raíz, los primeros 15 días exhiben un crecimiento superior en aquellas expuestas por el Manganeso, ubicándose en promedio con una longitud de 5.4 cm, alcanzando un máximo de 10.5 cm. No obstante, hay factores exógenos que no se contemplan en esta investigación, como las condiciones del suelo para la absorción del mineral o la asimilación por la semilla, ya que la variación de la longitud de la raíz es bastante, encontrándose una desviación estándar de 1.47</p>

	<p>cm en aquellas que se les suministra Magnesio, hasta alcanzar la dispersión de 1.84 cm en las plantas evaluadas con Cobre.</p> <p>La asimetría presenta un comportamiento similar para los cuatro microelementos y también para el testigo, es mayor a cero lo cual indica que de la muestra de 60 plantas, hay más raíces que su longitud es menor al promedio de cada microelemento. Ocurre de manera similar con la Kurtosis, es positiva para los cinco casos estudiados, lo cual indica que la asimilación de los quelatos por parte de las semillas es uniforme, y no permite valores atípicos.</p> <p>Con relación al ancho de la raíz se observa que en promedio las plantas tratadas con Manganeso crecieron más que las demás. También se corrobora que estas plantas son las que presentaron menos dispersión con respecto a su media, con una desviación estándar de 1.32 cm. El testigo presentó mayor variación en sus plantas, las cuales oscilaron en 1.6 cm de variación.</p>
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La distribución de los tratamientos por bloques fue una estrategia óptima para observar el desarrollo radicular de las plantas de arroz, ya que se trató de no repetir los microelementos por fila ni por columna. Se trataron las semillas con las dosis correspondientes, la dosis utilizada de agua es de 22 lts/Ha.</li> <li>• Los resultados arrojaron que para las variedades Fedearroz 67 y Fedearroz 68 el efecto de los microelementos es muy similar, dista muy poco. Con una significancia del 5%, si cambio de microelemento, no hay diferencia estadísticamente significativa en la longitud de la raíz. Por tanto, los microelementos acá tratados, por sí solos no explican el crecimiento de la raíz. Esto se debe a lo enunciado por (Mejía &amp; Menjívar, 2010) en relación con los 17 elementos esenciales para la nutrición mineral de la planta de arroz. Acá se toman cuatro de los 17, lo que explica la significancia de los elementos.</li> <li>• Para la variedad Oryzica 1, a diferencia de las otras dos variedades estudiadas, se encontró la significancia estadística al 5% de los</li> </ul>

microelementos por sí solos, entonces se infiere que el Zn, Cu, Mg y Mn influyen de manera clara en el desarrollo radicular de la planta de arroz.

- El efecto de la variable que muestra la interacción entre los microelementos y los bloques es estadísticamente significativo para las tres variedades de *Oryza Sativa* L. Po que da por entendido que el hecho de que cada bloque cuente con características y nutrientes diferentes del suelo, influye en la asimilación óptima del microelemento por parte de la semilla, al momento de sembrarlas.
- Para la variedad Fedearroz 67, la longitud y el ancho de la raíz de la planta de arroz crece en mayor medida por efecto del Manganeseo (N° de tratamiento 104). De los cuatro microelementos estudiados, el Manganeseo (Mn) causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de la variedad Fedearroz 67 con un valor máximo de 68,86cm<sup>2</sup>.
- De los cuatro microelementos estudiados, el Zinc (Zn) causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de la variedad Fedearroz 68m, con un valor máximo de 62,966cm<sup>2</sup>.
- El Elemento menor que causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de la variedad *Oryzica* 1 es el Magnesio (Mg), con un crecimiento máximo de 39,85cm<sup>2</sup>.
- Los resultados obtenidos en este estudio comprueban lo enunciado por (Mejía & Menjívar, 2010). El Mn y el Mg, el Zn son los principales activadores de enzimas por su capacidad de formar uniones entre la enzima y el sustrato.
- La gráfica de *Oryzica* 1 muestra que el zinc corrobora la mayor germinación durante los primeros 14 días, pero tuvo una tendencia decreciente después de la tercera evaluación debido a que las plantas de arroz en la fase de macollamiento presentan un mayor requerimiento nutricional y el zinc presenta gran importancia en esta fase.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta este momento de mi vida, por cumplir uno de mis más grandes sueños el cual es mi graduación, le doy infinitas gracias por su gran amor y protección.

A mis padres Fabio Rodríguez y Amanda Carvajal, por apoyarme en esta carrera para salir adelante, y brindarme todo su apoyo y amor incondicional, además de inculcarme desde niña valores que me permitieron crecer como persona de bien, mi más grande admiración y respeto hacia ellos.

A mi hermana Andrea Rodríguez, por ser esa persona incondicional que siempre está allí cuando la necesito, por confiar y darme las fuerzas a pesar de las dificultades.

A toda mi familia que son el motor de mi vida, que por ellos realizo mis sueños, y por el apoyo sincero que siempre me han brindado.

Al Doctor Hernando Muñoz, Alberto Mejía y demás personas, por brindarme su apoyo en el desarrollo de este proyecto, que sin ellos no hubiese sido posible obtener estos resultados.

A La universidad por brindarme tantas oportunidades, y agradezco de corazón a todos mis maestros, mis compañeros, por todos los conocimientos que me han otorgado.

Agradezco a todas aquellas personas que hicieron parte de este proceso y que hoy me permito culminar con grandes esfuerzos y dedicación.

Danna Alejandra Rodríguez Carvajal

Primero que todo agradezco a Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida, donde me siento la persona más afortunada por tantos logros que me ha ayudado a obtener, me siento bendecida por su gran amor y misericordia.

Agradezco a mi madre Sara María Gutiérrez por estar allí, siempre dispuesta a ayudarme y deseando siempre lo mejor para mí, agradezco su gran amor y entrega hacia mí y a toda la familia, por ser una mujer luchadora, emprendedora que me enseñó a no darme por vencida frente a las diferentes situaciones que se presentan en la vida.

A mi hermosa hija Laura Valentina Buitrago quien ha sido mi más grande bendición, el motor para emprender cada día un nuevo camino quien con su dulzura y amor incondicional me impulsa para ser un mejor ser humano.

A mis hermanos Camila B y Fabián B, quienes siempre han creído en mí y han estado en todos aquellos momentos donde sentí que ya no podía más, de los cuales he recibido un apoyo sincero y en especial de mi hermana Camila quien me acompañó a recorrer este camino y ha sido parte de la formación de mi presente.

Agradezco a todas aquellas personas maravillosas como el Doctor Hernando Muñoz, Alberto Mejía y a todas las demás personas que de una u otra forma me ayudaron he hicieron parte para dar cumplimiento a este hermoso logro, por compartir su conocimiento y experiencias para culminar este proceso.

Denis Milena Buitrago Gutiérrez

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Ibagué, Tolima octubre de 2019**



## RESUMEN

El estudio se realizó en el Municipio de Piedras – Tolima, en el primer y segundo semestre del año 2019 durante los meses de junio y julio. El lugar cuenta con una altura de 605 (m. s. n. m), una Temperatura promedio de 28°C, una radiación solar en promedio de 418,25W/m<sup>2</sup> y una precipitación anual de 1.012 mm, con una humedad relativa de 55,27% en promedio (Fedearroz, 2019). La importancia de realizar este proyecto va enfocada en buscar una solución a un problema de enraizamiento en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L*), debido a que es una problemática de gran importancia a la hora de asegurar las cosechas, puesto que la deficiencia de estos elementos ocurre frecuentemente en el cultivo. Se busca verificar la respuesta de la raíz a 5 tratamientos utilizando 4 microelementos Zinc, Cobre, Magnesio, Manganeso comparado con un testigo absoluto, los cuales ayudan en la regulación de varias enzimas, así mismo evaluar cuál de estos elementos aporta a un mejor desarrollo radicular, considerando que la raíz es el principal órgano de absorción de los nutrientes. El desarrollo del estudio se estimó como un proyecto aplicado, sostenido en un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) de campo y documental. El documento está estructurado en 4 secciones. En la primera se exponen los Objetivos, Planteamiento del Problema y Justificación. En la segunda parte está el Marco teórico, Antecedentes y Metodología. En la tercera sección están los resultados. El documento finaliza con unas conclusiones y recomendaciones. Los resultados son: En la variedad *Fedearroz 67*, el Mn causa un mejor desarrollo radicular con un valor máximo de 68,86 cm<sup>2</sup>. De los cuatro microelementos estudiados, el Zn causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de la variedad *Fedearroz 68*, con un valor máximo de 62,966 cm<sup>2</sup>. El Microelemento que genera un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de la variedad *Oryzica 1* es el Mg, con un crecimiento máximo de 39,85 cm<sup>2</sup>.

**Palabras Claves:** Absorción, Enraizamiento, Mineral, Nutrición, Precipitación, Radiación, Testigo.

## ABSTRACT

The study was carried out in the municipality of Piedras - Tolima, in the first and second semester of the year 2019 during the months of June and July, the place is at a height of 605 (m.s.n.m), an average temperature of 28 ° C, a solar radiation on average of 418, 25W/m<sup>2</sup> and an annual rainfall of 1,012 mm, with a relative humidity on average of 55.27% (Fedearroz, 2019). The importance of carrying out this project is focused on finding a solution to a problem of rooting in the farming of rice (*Oryza sativa L*), because it is a very important problem to ensure the crops, since the deficiency of these elements frequently occurs in farming.

It aims to verify the root response to 5 treatments, using 4 microelements: Zinc, Copper, Magnesium, Manganese. compared with an absolute control, which help to regulate several enzymes, likewise evaluate which of these elements contributes to a better root development, taking into account that the root is the main organ of absorption of nutrients. The development of the study was estimated as an applied project, supported in an experimental, field, and documentary design of blocks completely randomized (DBCA). The document consists of 4 sections. The first one the Objectives, Problem Statement and Justification are stated. In the second part it is the Theoretical Framework, Background and Methodology. In the third section the results are set out. The document ends with some conclusions and recommendations. The results are: In Fedearroz 67 variety, the Mn causes a better root development with a maximum value of 68.86cm<sup>2</sup> Regarding four microelements studied, Zn causes a better root development in Fedearroz 68 variety, with a maximum value of 62,966cm<sup>2</sup>. The Microelement that generates a better root development in the Oryzica 1 variety is Mg, with a maximum growth of 39.85cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** Absorption, Mineral, Nutrition, Precipitation, Radiation, Rooting, Witness.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	24
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	25
	<b>2.1</b> Objetivo general.....	25
	<b>2.2</b> Objetivos específicos.....	25
<b>3.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	26
<b>4.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	28
<b>5.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	31
	<b>5.1</b> Definición e historia .....	31
	<b>5.2</b> Dimensión agronómica .....	33
	<b>5.2.1</b> Taxonomía .....	34
	<b>5.2.2</b> Morfología .....	34
	<b>5.2.3</b> Requerimientos .....	35
	<b>5.3</b> Nutrición mineral del arroz .....	37
	<b>5.3.1</b> Quelatos .....	39
	<b>5.3.2</b> Zinc: Importancia en la planta .....	39
	<b>5.3.3</b> Cobre: Importancia en la planta .....	41
	<b>5.3.4</b> Magnesio: Importancia en la planta .....	42
	<b>5.3.4</b> Manganeso: Importancia en la planta .....	43
	<b>5.4</b> Variedades a utilizar .....	43
<b>6.</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	47
<b>7.</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	50
	<b>7.1</b> Materiales, métodos y área de estudio. ....	50
	<b>7.1.1</b> Ubicación Geográfica del estudio .....	51
	<b>7.2</b> Diseño experimental .....	55
	<b>7.2.1</b> Distribución de los tratamientos.....	55
	<b>7.2.2</b> Aplicación de los tratamientos.....	57
	<b>7.2.3</b> Recursos Necesarios.....	58
<b>8.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	59
	<b>8.1</b> Resultados Fedearroz 67 primer momento .....	59
	<b>8.2</b> Resultados Fedearroz 67 cuarto momento .....	60

<b>8.3</b>	<b>Desarrollo radicular Fedearroz 67</b> .....	<b>61</b>
<b>8.4</b>	<b>Resultados Fedearroz 68 Primer momento</b> .....	<b>63</b>
<b>8.5</b>	<b>Resultados Fedearroz 68 Cuarto momento</b> .....	<b>63</b>
<b>8.6</b>	<b>Desarrollo radicular Fedearroz 68</b> .....	<b>64</b>
<b>8.7</b>	<b>Resultados Oryzica 1 Primer momento</b> .....	<b>66</b>
<b>8.8</b>	<b>Resultados Oryzica 1, Cuarto momento</b> .....	<b>67</b>
<b>8.9</b>	<b>Desarrollo radicular Oryzica 1</b> .....	<b>68</b>
<b>8.10</b>	<b>Resultados en el tiempo</b> .....	<b>69</b>
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>73</b>
<b>10.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>75</b>
<b>11.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>76</b>
<b>12.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>79</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1: Estructura agropecuaria departamento del Tolima 2018.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 2: Estructura agropecuaria del municipio de Piedras – Tolima.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 3: Morfología de la planta de arroz Oryza Sativa L.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 4: Concentración de nutrientes en el tejido foliar de la plántula de arroz (plantas de altura mayor que.....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 5: Concentración de nutrientes en el tejido foliar de la planta de arroz en la etapa que va del macollamiento al inicio del primordio. ....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 6: Variedad Fedearroz 67.....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 7: Variedad Fedearroz 68.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 8: Variedad Oryzica 1.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 9: Tratamientos .....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 10: Recursos necesarios .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 11: ANOVA Fedearroz 67 .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 12: Efectos marginales de los microelementos al desarrollo radicular de Fedearroz 67.....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 13: ANOVA Fedearroz 68.....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 14: Efectos marginales de los microelementos al desarrollo radicular de Fedearroz 68.....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 15: ANOVA Oryzica 1 .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 16: Efectos marginales de los microelementos al desarrollo radicular de Oryzica 1 .....</b>	<b>69</b>

## LISTA DE GRAFICOS

<b>Gráfico 1: Partes del tallo de la planta de arroz Oryza Sativa L .....</b>	<b>35</b>
<b>Gráfico 2: Ficha técnica variedad Fedearroz 67 .....</b>	<b>44</b>
<b>Gráfico 3: Ficha técnica variedad Fedearroz 68 .....</b>	<b>45</b>
<b>Gráfico 4: Ficha técnica variedad Oryzica 1 .....</b>	<b>46</b>
<b>Gráfico 5: Mapa veredal municipio de Piedras. ....</b>	<b>50</b>
<b>Gráfico 6: Coordenadas Finca Agrícola El Chaco.....</b>	<b>51</b>
<b>Gráfico 7: Foto del Análisis de suelo .....</b>	<b>52</b>
<b>Gráfico 8: Foto de la Interpretación - Análisis de suelo.....</b>	<b>53</b>
<b>Gráfico 9: Tendencia del desarrollo radicular de Fedearroz 67 en el tiempo.....</b>	<b>70</b>
<b>Gráfico 10: Tendencia del desarrollo radicular de Fedearroz 68 en el tiempo.....</b>	<b>71</b>
<b>Gráfico 11: Tendencia del desarrollo radicular de Oryzica 1 en el tiempo.....</b>	<b>72</b>

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1: Medidas de tendencia central y de dispersión para Fedearroz 67: Primer momento.....</b>	<b>79</b>
<b>Anexo 2: Medidas de tendencia central y de dispersión para Fedearroz 67: Cuarto momento.....</b>	<b>80</b>
<b>Anexo 3: Medidas de tendencia central y de dispersión para Fedearroz 68: Primer momento.....</b>	<b>81</b>
<b>Anexo 4: Medidas de tendencia central y de dispersión para Fedearroz 68: Cuarto.....</b>	<b>82</b>
<b>Anexo 5: Medidas de tendencia central y de dispersión para Oryzica 1: Primer Momento .....</b>	<b>83</b>
<b>Anexo 6: Medidas de tendencia central y de dispersión para Oryzica 1: Cuarto momento .....</b>	<b>84</b>
<b>Anexo 7: Cronograma de actividades .....</b>	<b>85</b>
<b>Anexo 8: Montaje del ensayo .....</b>	<b>86</b>
<b>Anexo 9: Adecuación y riego.....</b>	<b>87</b>
<b>Anexo 10: Preparación de la semilla .....</b>	<b>88</b>
<b>Anexo 11: Siembra.....</b>	<b>90</b>
<b>Anexo 12: Germinación.....</b>	<b>91</b>
<b>Anexo 13: Procedimiento de la toma de muestras .....</b>	<b>92</b>
<b>Anexo 14: Primera Evaluación.....</b>	<b>94</b>
<b>Anexo 15: Segunda evaluación .....</b>	<b>96</b>
<b>Anexo 16: Tercera evaluación.....</b>	<b>98</b>
<b>Anexo 17: Cuarta evaluación.....</b>	<b>100</b>
<b>Anexo 18: Testigo absoluto .....</b>	<b>102</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Existen actualmente 24 especies de arroz en el mundo, de las cuales 22 son silvestres y dos cultivadas. Los experimentos químicos y agronómicos han permitido que hoy en día exista diversidad genómica del género *Oryza*. Son miles de variedades las que se derivan de las especies cultivadas (*Oryza Sativa L.*), cada una con tratamientos diferentes y con elementos esenciales. Estas variedades se condicionan a la fertilidad del suelo y las condiciones del entorno. Desde la dimensión agronómica, específicamente la nutrición mineral e inocuidad del arroz, se encuentran investigaciones prominentes en países como China y Japón, los estudios arrojan elementos como el N, Mg, Mn Zn y demás que influyen en el crecimiento y desarrollo de brácteas, hojas, vainas y el grano de arroz. En cambio, en los suelos de América Latina, que se distinguen por su variedad de climas, humedad, temperaturas y trópicos hay estudios limitados y se centran en el desarrollo foliar, o del grano. En torno al desarrollo radicular como tal, se encuentra un vacío en el conocimiento. El propósito de esta investigación es determinar cuál de los microelementos Zinc, Cobre, Magnesio y Manganeso, causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de las variedades Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1. Se realiza el trabajo de campo en los suelos del Municipio de Piedras – Tolima, teniendo como base las propiedades físico-químicas del suelo en esa zona, encontradas por el CIAT y Fedearroz. Con una población de 2000 semillas por variedad, distribuidas en grupos de 400 por microelemento, y un testigo absoluto. Igualmente se escoge el Municipio de Piedras debido a que la economía de ese lugar depende netamente de la siembra, recolección y venta de la cosecha del cultivo del arroz. Se seleccionan esas variedades por ser las que predominan en el cultivo de los suelos con esas características. Como resultados se tienen que las características agronómicas del suelo interactúan significativamente con los microelementos aplicados en cada bloque. Para la variedad Fedearroz 67, el Mn causa un mejor desarrollo radicular con un valor máximo de  $68,86 \text{ cm}^2$ . De los cuatro microelementos estudiados, el Zn causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de la variedad Fedearroz 68, con un valor máximo de  $62,966 \text{ cm}^2$ . El Elemento menor que causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de la variedad Oryzica 1 es el Mg, con un crecimiento máximo de  $39,85 \text{ cm}^2$ .



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Determinar cuál de los microelementos Zinc, Cobre, Magnesio y Manganeso, causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de las variedades Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1.

### 2.2 Objetivos específicos

- Verificar el efecto que tienen los microelementos en el crecimiento radicular de la planta de arroz *Oryza sativa L.*
- Evaluar la respuesta en el enraizamiento a los tratamientos, con los microelementos Zinc, Cobre, Magnesio, Manganeso en la planta de arroz *Oryza sativa L.*, en las variedades Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1.
- Contrastar los resultados obtenidos por cada microelemento, por medio de un análisis estadístico cuantitativo y cualitativo.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se ha verificado que los microelementos Zinc, Cobre, Magnesio y Manganeso, por si solos tienen efectos notorios en el crecimiento de la planta de arroz (*Oryza sativa L*) (FAO, s.f.; (Mejía & Menjívar, 2010). Pero no se tiene conocimiento sobre cuál de aquellos microelementos es el más eficaz para el enraizamiento de las variedades Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1.

De allí la importancia de evaluar si la aplicación de los microelementos quelatados (zinc, cobre, Magnesio y manganeso), directamente a la semilla, existe una relevancia significativa en cuanto al desarrollo radicular de la planta de arroz (*Oryza sativa L*), para que de esta manera se logre determinar su viabilidad y comportamiento en las distintas variedades a evaluadas

Si bien se han realizado estudios que demuestran la relación de los microelementos con el enraizamiento del arroz (*Oryza sativa L*). En el caso del Zinc es importante ya que, en tierras húmedas, en suelos alcalinos o cercanos a la neutralidad, especialmente en aquellos de origen calcáreo, el cultivo de arroz (*Oryza Sativa L*), presenta deficiencia de este elemento. Y a deficiencias severas de zinc, las plántulas de arroz trasplantado pueden morir o, en el caso de la siembra directa, las plántulas pueden no emerger (Chaudhary, Nanda, & Tran, 2003, p.24). Se ha evidenciado que la deficiencia de zinc está explicada por un alto pH del suelo o del agua de riego, también a reducción química del suelo, baja temperatura o altas dosis de aplicación de nitrógeno y fósforo (Chaudhary, Nanda, & Tran, 2003).

En cuanto al Manganeso la deficiencia raramente se encuentra en campo, sin embargo, en algunos suelos bien drenados o en algunos inundados se puede presentar. Las plantas que no obtienen manganeso, aunque tengan un número normal de tallos, son raquíticas. Es otro elemento importante para el cultivo del arroz (*Oryza sativa L*), su principal función es la de agente activador enzimático en procesos como respiración del N. Interviene en el ciclo de Krebs y el ciclo de Calvin (Rodríguez, 1999). El Magnesio por el contrario genera que las altas concentraciones de K y NH<sub>4</sub> tienden a restringir la disponibilidad de magnesio. (Chaudhary, Nanda, & Tran, 2003). Enuncian que la deficiencia de Magnesio no afecta la altura de la planta y el número de tallos, pero sí afecta la taxonomía y resistencia de las hojas. Por otro lado, el Cobre regula las reacciones enzimáticas de la planta de arroz (*Oryza sativa L*), una de las cuales

afecta la esterilidad y la capacidad de la planta para formar granos. La absorción de cobre es básicamente independiente y está relacionada de manera inicial con los niveles de cobre disponible en el suelo. El cobre se encuentra en el suelo como óxido, carbonato, silicato y sulfato. La inundación del suelo disminuye la disponibilidad de cobre y molibdeno en el suelo. En los suelos inundados, la disminución de la concentración de cobre es causada por la precipitación de los hidróxidos, los carbonatos y los quelatos orgánicos, todos los que son afectados indirectamente por los cambios de pH. (Chaudhary, Nanda, & Tran, 2003).

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR) y Fedearroz reunieron información de 13 fincas productoras ubicadas a lo largo de cuatro municipios del departamento del Tolima: Ibagué, Piedras, Alvarado y Venadillo. Se obtuvieron las propiedades físico-químicas del suelo y descubrieron elementos como Zinc, Cobre, Magnesio y Manganeso, entre otros. Los descubrimientos concluyen en la importancia de aquellos elementos para el enraizamiento de la planta de arroz (*Oryza sativa L*), bien sea por propiedades del suelo o por medio de riego. Pero no se especifica cual es el que presenta mayor influencia en este proceso agronómico. Por otra parte, en la localidad de Piedras desde los años 2015 y 2017 se han implementado las variedades de arroz Fedearroz 67 y Fedearroz 68 respectivamente. De allí la importancia de realizar este proyecto enfocado a identificar el microelemento que más influye en el enraizamiento de las variedades de arroz (*Oryza sativa L*), Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1 verificando la respuesta de la raíz en 5 tratamientos, utilizando 4 elementos menores: Zinc, Cobre, Magnesio y Manganeso, además de un testigo absoluto. Debido a que es una problemática de gran importancia a la hora de asegurar las cosechas, puesto que la deficiencia de estos elementos ocurre frecuentemente en el cultivo del arroz (*Oryza sativa L*).

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Actualmente se encuentra diversidad de elementos en el suelo del territorio tolimense, los cuales son importantes para el abono y crecimiento de los productos agrícolas, tales como Aguacate, Café, Arroz, Maíz, Caña, y demás. Para el año 2018 el arroz (*Oryza sativa L.*), ocupa el 18.18% del área sembrada y el 19,77% del área cosechada, siendo solamente superado en extensión por el Café a nivel departamental. Mientras que, a nivel de producción en toneladas, el arroz (*Oryza sativa L.*), ocupa el primer lugar con 397,302 para el año 2018.

La importancia de este proyecto radica en evaluar los elementos Zinc, Cobre, Magnesio, Manganeso en el enraizamiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*). Con el fin de mejorar condiciones de productividad y competitividad de los cultivos del área. Brindando información sobre el manejo o cambios de las rutinas productivas en el cultivo del arroz (*Oryza sativa L.*). En cuanto a la productividad, con este trabajo se busca encontrar el microelemento que más influye en el crecimiento y madurez de la planta de arroz (*Oryza sativa L.*), y con ello dar un aporte para la toma de decisiones de los agricultores de la zona.

Estructura agropecuaria Departamento del Tolima 2018	Área Sembrada (ha)	%	Área Cosechada (ha)	%
AGUACATE	13861.0	4.56%	12191.2	4.36%
AHUYAMA	211.0	0.07%	211.0	0.08%
AJONJOLI	105.0	0.03%	105.0	0.04%
ALGODÓN	4024.1	1.32%	4024.1	1.44%
ARRACACHA	5630.1	1.85%	5624.7	2.01%
ARROZ	55251.5	18.18%	55251.5	19.77%
ARVEJA	477.7	0.16%	477.7	0.17%
BANANITO	582.0	0.19%	415.0	0.15%
BANANO	1614.0	0.53%	1496.0	0.54%
CACAO	13731.0	4.52%	12451.0	4.46%
PLATANO	29934.2	9.85%	26994.7	9.66%
CAFÉ	112057.3	36.87%	97304.0	34.82%
CAÑA PANELERA	11543.0	3.80%	10829.0	3.88%
CAUCHO	250.0	0.08%	160.0	0.06%
CEBOLLA DE RAMA	55.0	0.02%	55.0	0.02%
CILANTRO	5.0	0.00%	5.0	0.00%
CIRUELA	60.0	0.02%	10.0	0.00%
CITRICOS	68.0	0.02%	38.0	0.01%

<b>ESTROPAJO</b>	10.0	0.00%	10.0	0.00%
<b>FLORES Y FOLLAJES</b>	10.0	0.00%	10.0	0.00%
<b>FRESA</b>	45.0	0.01%	20.0	0.01%
<b>FRIJOL</b>	9885.7	3.25%	9885.7	3.54%
<b>GRANADILLA</b>	87.0	0.03%	67.0	0.02%
<b>GUANABANA</b>	2231.0	0.73%	1178.0	0.42%
<b>GUAYABA</b>	891.0	0.29%	881.0	0.32%
<b>GULUPA</b>	479.0	0.16%	342.0	0.12%
<b>HABICHUELA</b>	122.0	0.04%	122.0	0.04%
<b>HORTALIZAS VARIAS</b>	13.2	0.00%	13.2	0.00%
<b>LIMON</b>	4996.0	1.64%	4682.0	1.68%
<b>LULO</b>	713.0	0.23%	564.0	0.20%
<b>MAIZ FORRAJERO</b>	204.1	0.07%	204.1	0.07%
<b>MAIZ</b>	18582.2	6.11%	18582.2	6.65%
<b>MANDARINA</b>	262.0	0.09%	166.0	0.06%
<b>MANGO</b>	6470.0	2.13%	6066.0	2.17%
<b>MANGOSTINO</b>	33.0	0.01%	31.0	0.01%
<b>MANI</b>	200.0	0.07%	200.0	0.07%
<b>MARACUYA</b>	280.0	0.09%	242.0	0.09%
<b>MELON</b>	28.0	0.01%	28.0	0.01%
<b>MORA</b>	850.0	0.28%	736.0	0.26%
<b>NARANJA</b>	336.0	0.11%	321.0	0.11%
<b>PALMA DE ACEITE</b>	64.0	0.02%	0.0	0.00%
<b>PAPA</b>	1476.8	0.49%	1476.8	0.53%
<b>PAPAYA</b>	62.0	0.02%	47.0	0.02%
<b>PATILLA</b>	19.4	0.01%	19.4	0.01%
<b>PEPINO COHOMBRO</b>	25.0	0.01%	25.0	0.01%
<b>PIÑA</b>	159.0	0.05%	148.0	0.05%
<b>PITAHAYA</b>	32.0	0.01%	32.0	0.01%
<b>PLANTAS AROMATICAS</b>	29.0	0.01%	27.0	0.01%
<b>REPOLLO</b>	8.0	0.00%	8.0	0.00%
<b>SORGO</b>	160.0	0.05%	160.0	0.06%
<b>TOMATE</b>	502.3	0.17%	502.3	0.18%
<b>TOMATE DE ARBOL</b>	965.0	0.32%	800.0	0.29%
<b>YUCA</b>	4168.9	1.37%	4106.5	1.47%
<b>ZANAHORIA</b>	83.0	0.03%	83.0	0.03%
<b>TOTAL</b>	303942.5		279429.2	

*Tabla 1: Estructura agropecuaria departamento del Tolima 2018.*

*Fuente: Elaboración propia, con base en datos de Agronet (Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo, 2019).*

El arroz (*Oryza sativa L*), es el principal cultivo de la región, el cual se ha caracterizado por ser la base de la economía del Municipio de Piedras Tolima. En este Municipio se calcula aproximadamente el 49,4% de la superficie cosechada para 2016, el 59,9% para 2017 y el 61% para 2018, lo que significa que va en aumento, siendo esta una oportunidad para mejorar el manejo agronómico, donde se pueda implementar nuevas alternativas tanto económicas como de desarrollo y producción.

Evaluación Agropecuaria municipio de Piedras 2016			2017		2018	
Cultivo	Área Cosechada (ha)	%	Área Cosechada (ha)	%	Área Cosechada (ha)	%
Arroz	4,187	49.4%	4,236	59.9%	2,132	61.0%
Plátano	30	0.4%	32	0.5%	32	0.9%
Limón	15	0.2%	21	0.3%	21	0.6%
Maíz	3,800	44.8%	2,600	36.8%	1,100	31.5%
Yuca	450	5.3%	180	2.5%	210	6.0%

*Tabla 2: Estructura agropecuaria del municipio de Piedras – Tolima.*

*Fuente: Elaboración propia, con base en datos de Agronet (Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo, 2019)*

El aporte desde la perspectiva metodológica es que se va a estudiar la evolución radicular de la planta de arroz (*Oryza sativa L*), en cuatro momentos, a los 15, 20, 25 y 30 días después de emergida la semilla. Se utilizan 2000 semillas de Variedad Fedearroz 67, 2000 semillas de la variedad Fedearroz 68 y 2000 semillas de variedad Oryzica 1; divididas en cuatro bloques.

A las 500 semillas de cada bloque se les aplica un microelemento diferente antes de la siembra, incluyendo el testigo. Posteriormente se toman muestras de cada parcela (15 plantas), 75 muestras de cada bloque para examinar su desarrollo radicular, luego se toman los datos para analizarlos estadísticamente.

Se pretende demostrar la capacidad de enraizamiento de la planta de arroz, variedad Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1, con diferentes microelementos menores, los cuales ayudan en la regulación de varias enzimas, así mismo evaluar cual microelemento aporta a un mejor desarrollo radicular, siendo la raíz el principal órgano de la absorción de los nutrientes.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 Definición e historia

El arroz (*Oryza Sativa*) es la segunda planta cereal -y el producto agrícola- más usada en la actualidad, por debajo del Maíz. Debido a su antigüedad en la dimensión tanto gastronómica y socioeconómica de la humanidad, está en la mayoría de las comidas de cerca de 115 países, y el 40% de la población mundial depende de éste para el 80% de su dieta (Diaz & Chaparro-Giraldo, 2012).

La agricultura es una actividad económica fundamental en países de América Latina, ya que durante los últimos 5 años ha presentado una tendencia creciente en el Valor Agregado Agrícola (VAA). En el contexto colombiano, éste aumentó en 0.5% para el 2016, y su crecimiento ha sido conservador para los siguientes años (CEPAL, 2017, p.4). En el país es considerada la principal fuente de empleo y generación de ingresos para el sector rural (Junguito, Perfetti, & Becerra, 2014). Según el DANE, para el año 2018, representó el 6,92% del Producto Interno Bruto en Colombia. El Café, el Arroz y el Maíz han sido en su orden los cultivos de mayor área cosechada en el país para el 2016 (Ministerio de Agricultura, 2016). Con relación al arroz (*Oryza Sativa L.*), es un cultivo de producción significativo en Colombia, representa el 13% del área cosechada y el 30% de los cultivos transitorios. Su producción representa el 6% del valor de la producción agropecuaria y el 10% de la actividad agrícola colombiana. El valor generado por este producto es equivalente al 58% del valor constituido por el cultivo del café (Aramendiz, Espitia & Cardona, 2011). Es además uno de los más importantes en regiones como el Tolima, el cual para el año 2016, según el Ministerio de Agricultura, representó el 69,95% de la producción de cultivos transitorios, equivalente a 689.306 toneladas. Para el año 2018 representa el 74,47% del área cosechada en el total del área de cereales. El municipio de Piedras se encuentra entre los primeros 10 del departamento en producción de arroz, con un total de 16.404 toneladas en el 2018 (Agronet , 2019).

El arroz (*Oryza sativa L.*), es una planta monocotiledónea, que en los países tropicales completa su ciclo de vida en aproximadamente 110 a 120 días. El arroz está constituido

por componentes, tales como: “almidón, proteínas, grasas, ligninas y cenizas, con indicios de numerosos metales y vitaminas” (Diaz & Chaparro-Giraldo, 2012, p.181).

La planta de arroz (*Oryza sativa L.*), que se evalúa en esta investigación es la del género *Oryza*. Para definir el género es requerido un poco de historia. En relación con los géneros que componen otros cereales, *Oryza* ocupa una posición filogenética distinta en una subfamilia aparte, la familia *Ehrhartoideae* (Kellogg, Evolutionary History of the Grasses, 2001). Su historia se remonta al Mioceno, hace aproximadamente 14 a 9 millones de años. *Oryza* es a su vez un miembro de la tribu *Oryzaceae* -está compuesta por aproximadamente 11 géneros-, que junto con la tribu *Ehrharteae* está incluida en la subfamilia *Ehrhartoideae* (Kellogg, 2009; Tang *et al.*, 2010). Aunque hay muchos estudiosos que enuncian el origen del género *Oryza* probablemente hace unos 130 millones de años, en el antiguo mega continente Gondwanaland y diferentes especies se distribuyeron en diferentes continentes con la ruptura de Gondwanaland (Khush, 1997). Si bien se aborda que las características morfológicas del arroz (*Oryza sativa L.*), son una amalgama de elementos que se han originado en su larga historia evolutiva. El género *Oryza* fue nombrado por Linnaeus en 1753, y el número de cromosomas en la planta fue determinado por Kuwada en 1910, hasta los años sesenta que se aclaran las características del género *Oryza* (Vaughan, Morishima, & Kadowaki, 2003). Del género *Oryza* se derivan 24 especies de las cuales 22 son silvestres y dos cultivadas (Diaz & Chaparro-Giraldo, 2012). La diversidad genómica y de especies de *Oryza* se encuentran principalmente en las islas del sureste de Asia, de las 22 especies silvestres 9 se ubican en Indonesia, y 7 de los 10 tipos de genomas se encuentran en el sureste de Asia. Algunos grupos de especies se asocian con lo encontrado en el sur de Asia, África y América (Toriyama *et al.*, 2005; Johns y Mao, 2007; Ikehashi, 2009) como se citó en (Diaz & Chaparro-Giraldo, 2012). Las dos especies cultivadas son *Oryza Sativa L.* originaria de Asia, específicamente en varias partes de la India y en áreas adyacentes, y *Oryza Glaberrima*, probablemente se originó en el delta del río Níger o en Liberia, en África (Moquete, 2010; (Diaz & Chaparro-Giraldo, 2012; Tang *et al.*, 2010). La mayoría de las variedades consumidas actualmente, incluso en América Latina, proceden de la especie *Sativa*, mientras que el cultivo de la otra especie, es propia de su lugar de origen. El cultivo de *Oryza Sativa* empieza en Hunan-China en los años 8200 – 7800 A.C. en los



valles de los ríos Hang-Ho y Yang-Tse-Kiang (Arroz Cantone, 2017). Posteriormente fueron adoptados en Corea, Japón y Filipinas, hasta llegar a los países mediterráneos. “Con la llegada de la especie a otras áreas, hace 2000 años aproximadamente, se dio el surgimiento de centros secundarios de diversidad con formas distintivas. [...] Actualmente se han considerado centros más recientes en África y Suramérica” (Diaz & Chaparro-Giraldo, 2012, p.182). De la especie *Oryza Sativa* existen mas de 2000 variedades cultivadas en el mundo, cada variedad se diferencia bien sea en la morfología de la planta y del grano, la resistencia al volcamiento, la ramificación, la calidad del grano, la precocidad, la resistencia y tolerancia a los factores bioticos y abioticos y la productividad física (Diaz & Chaparro-Giraldo, 2012). Esta especie se divide en tres subespecies -y a su vez las variedades-, basadas sobre sus condiciones geográficas: índica, javánica y japónica. La primera hace referencia al cultivo que se realiza en en las zonas tropicales y subtropicales; la javánica se cultiva en zonas húmedas y la japónica en zonas templadas e incluso está en condicion de tolerar bajas temperaturas (Moquete, 2010).

En América Latina y el Caribe, desde 1967 han sido lanzadas mas de 300 variedades al mercado, y cerca del 90% pertenecía al sistema de cultivo con riego. Con el paso del tiempo, y entrado el siglo XXI se fue adaptando el arroz a los suelos ácidos de las sabanas tropicales, a los valles y a las zonas aledañas a los bosques del trópico de América Látina. Actualmente, se dice que en estas regiones el arroz crece mas rapidamente y con mayor vigor en en un medio caliente y húmedo (Degiovanni, Martínez, & Motta, 2010). Aunque tambien existe un porcentaje del arroz que mantiene su genética de origen, es decir cultivado en suelos húmedos o inundados, en la rivera de los ríos.

## 5.2 Dimensión agronómica

El cultivo de arroz (*Oryza sativa L*), se puede ver desde varias dimensiones, la cuales involucran la economía, el comportamiento social, el efecto en la nutrición, la agronomía, y demás. Se aborda desde el punto de vista agronómico, ya que el campo de estudio de esta ciencia involucra estudiar y analizar métodos para mejorar la calidad de los productos agrícolas y alimentarios.

La morfología y la taxonomía vegetal es una línea de investigación que estudia la clasificación de las plantas, la mayoría silvestres, por medio de la observación y la composición de esta (NOCHES, 2019).

### 5.2.1 Taxonomía

El arroz (*Oryza sativa L.*), pertenece a el Reino: *Plantae*; Subreino: *Tracheobionta*; División: *Angiospermae*; Clase: *Monocotyledoneae*; Subclase: *Commelinidae*; Orden: *Glumiflorae*; Familia: *Poaceae* (gramineae); Subfamilia: *Ehrhartoideae*; Tribu: *Oryzeae*; Género: *Oryza*; Siendo las especies cultivadas: *Oryza sativa L.* y *Oryza glaberrima Steud.*, ambas son especies de reproducción autógama, diploides con  $2n=24$  cromosomas.

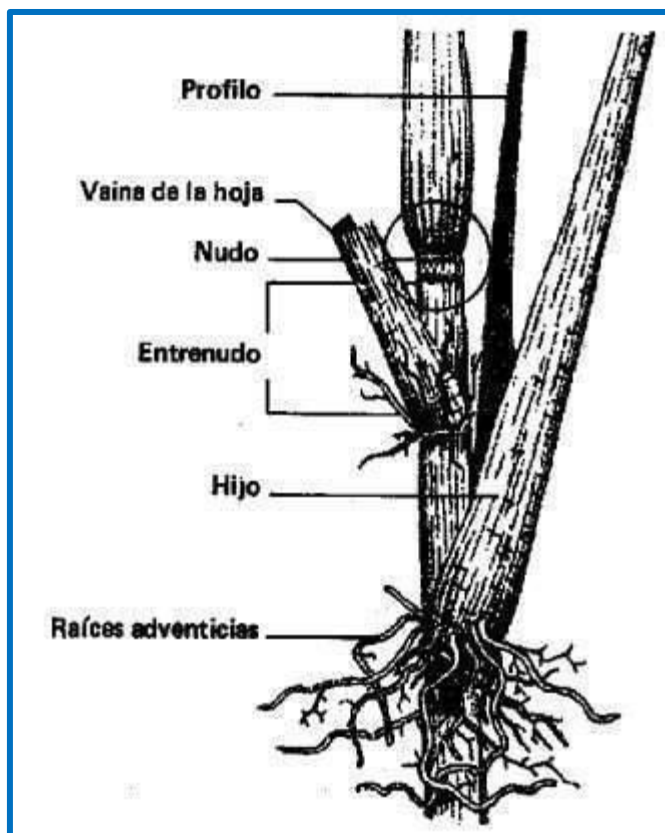
### 5.2.2 Morfología

La planta de arroz (*Oryza sativa L.*), es monoica, incompleta, perfecta; que consta de raíz, tallo hojas como órganos vegetativos; y de flor y semillas como órganos reproductivos. Estas pueden tener tamaños que varían entre 0,4m (enanas) y de 7,0m (flotantes). (Arregocés, Rosero, y González, 2005).

Parte	Descripción
<b>Raíz</b>	Delgadas, fibrosas y fasciculadas. Dos tipos de raíces al germinar y al madurar: seminales y adventicias secundarias, en su respectivo orden.
<b>Tallo</b>	Cilíndrico con nudos y entrenudos, de 60-120 cm de largo.
<b>Hoja</b>	Lineales, alternas, envainadoras, al ápice agudo.
<b>Flores</b>	Hermafroditas de color verde o blanco, conjunto se compone de una panoja grande, termina estrecha, y colgante después de floración.
<b>Inflorescencia</b>	Panícula determinada ubicada en el vástago terminal. Consiste en dos lemmas estériles, la raquilla y flósculo.
<b>Grano</b>	Ovario maduro. Grano descascarado con forma caríopside con el pericarpio pardusco.

**Tabla 3:** Morfología de la planta de arroz *Oryza Sativa L*

**Fuente:** (NOCHES, 2019)



**Gráfico 1:** Partes del tallo de la planta de arroz *Oryza Sativa L*

**Fuente:** [https://www.ecured.cu/Arroz#/media/File:Oryza\\_sativa\\_partes\\_del\\_tallo.jpg](https://www.ecured.cu/Arroz#/media/File:Oryza_sativa_partes_del_tallo.jpg)

### 5.2.3 Requerimientos

Para que el cultivo de arroz (*Oryza sativa L*), sea óptimo, es necesario, como en cualquier otro tipo de cultivo, tener unas características de temperatura, clima, suelo y pH.

**Clima:** El arroz (*Oryza sativa L*), es una planta de origen tropical y subtropical, por este motivo se deben escoger regiones húmedas tropicales para el cultivo de esta planta. Por tal motivo el arroz (*Oryza sativa L*), se produce en alturas desde el nivel del mar hasta 2500m. La lluvia es necesaria, ya que muchas de estas plantas necesitan suelos inundados para ser cultivadas (Arroz, s.f).

**Temperatura:** La temperatura afecta de manera integral el proceso del cultivo del arroz (*Oryza sativa L*), ya que depende de dicha temperatura germina más rápido o no la semilla, crecen más los tallos o crecen más granos de arroz (*Oryza sativa L*), por espiga. El arroz (*Oryza sativa L*), puede germinar a temperaturas mínimas entre 10 y 20°C, pero

esta no es la temperatura óptima para el arroz (*Oryza sativa L.*), ya que dicha temperatura se encuentra entre 30 y 35°C, esta es una brecha muy estrecha ya que a 40°C no se puede producir el arroz (*Oryza sativa L.*), ya que este no germina. Según el manual técnico para el cultivo de arroz, la temperatura óptima, anterior dicha, hace que la planta crezca más rápido de lo normal, aunque son las susceptibles a atraer plaga, por otro lado, si la temperatura es baja, entre 10 y 20°C, la planta genera un gran porcentaje de esterilidad, lo que a su vez genera que no crezca el grano de arroz en la planta (DICTA, 2003).

Suelo y pH: El arroz (*Oryza sativa L.*), puede crecer en una gran variedad de suelos, aunque como esta planta es originaria de suelos cercanos a ríos, su crecimiento es mejor en suelos de textura fina y media, hablando así de arcillas con gran cantidad de material orgánico, que proporciona una gran cantidad de nutrientes a la planta, aunque cabe recalcar que su trabajo es más laborioso. Por otro lado, la inundación es importante porque este cambia el pH del suelo el cual es importante que este en 6.6, ya que la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo es alta, al igual que la absorción de nutrientes, (Dióxido de carbono, ácidos orgánicos, hierro y aluminio) (Arroz, s.f).

Fertilización: La fertilización genera un desarrollo de la planta óptimo de las rices y de la planta en general. Este proceso hace que la planta además de crecer sana y fuerte, gracias a que aporta materia orgánica al suelo. Antes de aplicar cualquier fertilizante es indispensable hacer un estudio de cómo se encuentra el suelo en ese momento, y más cuando ya se ha realizado una siembra anteriormente ya que las plantas absorben una cantidad importante de nutrientes del suelo, y se la llevan con ellas al momento del corte. La planta de arroz (*Oryza sativa L.*), necesita más de 10 elementos para crecer, los más importantes para que esta tenga un óptimo crecimiento es fósforo, el nitrógeno y el potasio, son los elementos que más necesita, pero en desventaja, estos elementos son los que se encuentran menos en el suelo. La forma en que se aplican los fertilizantes depende de muchos factores, como el suelo, el tipo de grano, y la época en que se siembra, estas se hacen generalmente de manera manual con fertilizantes nitrogenados, las dosis son de aproximadamente 150 kilogramos por hectárea, y se dosifican en dos partes una antes de la siembra donde se coloca a unos cuantos centímetros de profundidad y otra cuando brota la semilla. El fósforo es muy importante de igual manera gracias a que mejora la

productividad del arroz (*Oryza sativa L*), naciendo más grano y de mejor tamaño, este debe ser suministrado, de igual manera antes de la siembra. El fosforo se debe encontrar entre unos 50 a 80 kilogramos por hectárea. Por último, el potasio ayuda al fortalecimiento de la planta, ya que fortalece las espigas y el tallo, para que no caiga al agua, si se presentan altos vientos durante el crecimiento. Este se debe encontrar entre 80 y 150 kilogramos por hectárea (Banco Agrícola de Venezuela , 2015).

### 5.3 Nutrición mineral del arroz

Se han encontrado diversos aspectos relacionados con la nutrición mineral de la planta de arroz. (Mejía & Menjívar, 2010) encuentran como elementos esenciales: Nitrogeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Silicio, Hierro, Zinc, Cobre, Manganeseo, Molibdeno y Boro. El rendimiento final del cultivo se ve afectado por la cantidad de los diferentes nutrientes, ellos enuncian que existe un equilibrio en cantidades, para la nutrición adecuada. La fisiología del arroz (*Oryza sativa L*), y sus requerimientos nutricionales están muy ligados a las condiciones del suelo y del clima. El suelo en su mayoría de casos no cuenta con la cantidad adecuada para el crecimiento de la planta, en el desarrollo radicular debe actuar también el riego de aquellos minerales faltantes. Los elementos esenciales a que se refieren, hacen parte del compendio de 17 elementos que hasta la fecha se han encontrado que influyen directamente en la nutrición. Cerca del 96% de la materia seca vegetal está constituida por el Carbono (C), el Hidrógeno (H), y el Oxígeno (O). El restante 4% de la biomasa acumulada -los otros 14 minerales- es tomado principalmente por las raíces. Cada uno cumple funciones específicas y según sus propiedades fisicoquímicas, se clasifican en metales (K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo y Ni) y no metales (N, S, P, B y Cl) (Mejía & Menjívar , 2010).

A su vez, (Mejía & Menjívar , 2010) definen las condiciones para que un elemento sea esencial en el proceso de nutrición vegetal:

- La planta no puede completar el ciclo de vida sin ese elemento
- El elemento es un componente irremplazable
- Es un elemento estructural de órganos y tejidos o de enzimas, y cumple funciones en la actividad enzimática.

El suelo es un sistema importante desde el punto de vista de la fertilidad y la productividad de la planta, se presentan interacciones con la planta, el agua y la atmosfera. Se compone de cuatro fases: Fase gaseosa; Fase Sólida; Fase líquida y Fase orgánica. La tercera fase es aquella donde se disuelven -en agua- los solutos de la naturaleza orgánica e inorgánica. Las plantas solo pueden extraer los nutrientes requeridos, solo que éstos estén disueltos en agua. Muchos nutrientes se pierden por la lixiviación y otros se inmovilizan cuando forman parte de los compuestos insolubles. La razón por la cual algunas variedades se adaptan mejor al suelo, es por que éste presenta diferentes concentraciones de iones en su solución, y por tanto diferente cantidad de minerales. Aún así, los 17 nutrientes minerales son esenciales para las diferentes variedades de arroz cultivable, según su etapa de desarrollo. Los siguientes cuadros muestran los requerimientos nutricionales del cultivo de arroz, en diferentes etapas fenológicas.

Elemento	Niveles de concentración			
	Unidad	Bajo	Suficiente	Alto
N	%	< 2.5	2.5-4.0	> 4.0
P	%	< 0.1	0.1-0.2	> 0.2
K	%	< 1.0	1-2.5	> 2.5
Ca	%	< 0.15	0.15-0.3	> 0.3
Mg	%	< 0.12	0.15-0.3	> 0.3
S	%	< 0.15	0.15-0.25	> 0.25
B	mg/kg	< 5	5-25	> 25
Mn	mg/kg	< 20	20-600	> 600
Fe	mg/kg	< 70	70-300	> 300
Cu	mg/kg	< 6	6-25	> 25
Zn	mg/kg	< 15	15-50	> 50
Mo	mg/kg	< 0.1	0.5-2	

**Tabla 4:** Concentración de nutrientes en el tejido foliar de la plántula de arroz (plantas de altura mayor que 30 cm)

**Fuente:** (Mejía & Menjívar, 2010).

Elemento	Niveles de concentración			
	Unidad	Bajo	Suficiente	Alto
N	%	< 2.5	2.5–3.5	> 3.5
P	%	< 0.1	0.1–0.2	> 0.2
K	%	< 1.0	1–2.2	> 2.2
Ca	%	< 0.2	0.2–0.4	> 0.4
Mg	%	< 0.12	0.17–0.3	> 0.3
S	%	< 0.2	0.2–0.5	> 0.5
B	mg/kg	< 4	4–25	> 25
Mn	mg/kg	< 30	30–600	> 600
Fe	mg/kg	< 70	70–300	> 300
Cu	mg/kg	< 5	5–20	> 20
Zn	mg/kg	< 20	20–50	> 50
Mo	mg/kg	< 0.1	0.5–2	

**Tabla 5:** Concentración de nutrientes en el tejido foliar de la planta de arroz en la etapa que va del macollamiento al inicio del primordio.

*Fuente:* (Mejía & Menjívar, 2010).

### 5.3.1 Quelatos

Los quelatos son complejos formados por la unión de un metal y un compuesto que contiene dos o más ligandos potenciales. La quelatación, por tanto, es la habilidad de un compuesto químico (agente quelatante) para formar una estructura en anillo con un ion metálico resultando un compuesto con propiedades químicas diferentes a las del metal original (infoAgro.com, s.f.)

Para propósitos de esta investigación, se aborda el aporte teórico que se realiza para los minerales Zinc (Zn), Cobre (Cu), Magnesio (Mg) y Manganeseo (Mn).

### 5.3.2 Zinc: Importancia en la planta

La planta de arroz (*Oryza sativa L.*), lo ingiere como catión divalente ( $Zn^{2+}$ ) y su disponibilidad es mayor en los momentos en que el pH es bajo. Está presente en la síntesis del triptófano, aminoácido precursor del ácido indol-acético (AIA), una auxina que es hormona del crecimiento. Además de lo anterior, tiene una función importante como estabilizador de la clorofila.

Al igual que el Mn y el Mg, el Zn es un activador de enzimas, no lo es mucho por intervenir en reacciones de óxido reducción. Los siguientes sistemas enzimáticos

requieren Zn (Marschner, 1996; Salisbury y Ross, 1994; 2000; López, 1998; Ascon Bieto y Talon, 2000) como se citó en (Mejía & Menjívar, 2010).

- El NADH-deshidrogenasa
- El alcohol deshidrogenasa, que cataliza el paso del acetaldehído a alcohol en la fermentación alcohólica.
- Las anhidrasas carbónicas, que aceleran la hidratación reversible del dióxido de carbono a bicarbonato en la fotosíntesis
- Algunos tipos de superóxidodismutasas (SOD), en que interviene el Zn junto con el Cu y que se encuentran en diferentes orgánulos y en el citoplasma de las células vegetales como defensa importante contra los radicales superóxidos.
- En la ARN-polimerasa, con la cual (mientras participa en la estabilidad del ribosoma) contribuye a regular la expresión genética.

La baja disponibilidad de Zn se debe en su mayoría de ocasiones a la acidez o alcalinidad, alto contenido de materia orgánica, exceso de humedad o sequía, temperaturas altas y alta luminosidad. Si bien se ha descubierto que el Zn -después del N y el P- el tercer elemento nutricional que limita la producción del arroz cultivado con riego.

Dinámica de la planta:

- Un nivel alto de Fe o de Mn reduce la absorción de Zn por la planta de arroz
- Un nivel alto de P puede inducir una deficiencia de Zn
- En plantas cuyo contenido de Zn es deficiente, ocurre un incremento en la permeabilidad de las membranas de las células de la raíz respecto al P, al Cl y al B.

Sintomas de deficiencia:

Para examinar una planta y concluir que presenta deficiencia de Zinc, se deben presentar los siguientes síntomas:

- En las hojas jóvenes, en las primeras 4 semanas después del trasplante, clorosis en la base de las hojas y hojas pequeñas (junto con retraso en el crecimiento de los tallos).
- En las hojas viejas, una especie de quemazón junto con áreas cloróticas que luego se tornan blancas (el síntoma se extiende desde la vaina hasta la nervadura central).



- En los casos severos, la base de la lámina foliar y las nervaduras intermedias adquieren una coloración blanca (Ordoñez et al., 1995) como se citó en (Mejía & Menjívar, 2010).

### 5.3.3 Cobre: Importancia en la planta

Las plantas lo toman como catión divalente (cúprico,  $Cu^{2+}$ ) en los suelos airados y como catión cuproso si el suelo está inundado o mal aireado. La mayor cantidad de Cu absorbido por la planta se localiza en los cloroplastos, el cual participa en el proceso de oxidación-reducción en tres sistemas:

- Es un componente de la plastocianina, proteína presente en los cloroplastos que está involucrada en el transporte de electrones entre el fotosistema I y el fotosistema II.
- Es también componente de la enzima citocromo C-oxidasa, presente en la respiración, la cual cataliza la transferencia de electrones hasta el oxígeno en las crestas de las mitocondrias.
- Hace parte del complejo enzimático fenolasa, que oxida los fenoles; se relaciona así con la síntesis de la lignina porque forma algunos de sus precursores.

Síntomas de deficiencia:

Con respecto a este microelemento, las cantidades que requieren la planta son pequeñas. Cuando ocurre deficiencia afecta el grano y la semilla por encima del crecimiento vegetativo de las plantas (Marschner, 1996) como se citó en (Mejía & Menjívar, 2010). Es un elemento poco móvil que se acumula en el aparato mitocondrial y en las semillas, puede causar síntomas de deficiencia como:

- Las hojas jóvenes adquieren una coloración verde oscura.
- Hay necrosis de tejidos en el ápice de las hojas, y ésta progresa a lo largo del margen foliar.
- Disminuye la formación de espigas o panículas (en algunos cereales).
- Hay daños en la formación del polen y en el proceso de fertilización en la planta de arroz, cuando en ésta coinciden un contenido bajo de carbohidratos y una deficiencia de Cu.
- Aumenta la cantidad de aminoácidos y se paraliza la función proteica en las células, lo que indica que el Cu es activador de las enzimas que participan en la síntesis de los ácidos nucleicos (Navarro, 2000) como se citó en (Mejía & Menjívar, 2010).

- Las aplicaciones de N acentúan la deficiencia de Cu.

#### 5.3.4 Magnesio: Importancia en la planta

Es tomado por las plantas como ión divalente  $Mg^{2+}$ . La proporción de absorción de este microelemento por parte de la planta se reduce por los cationes  $Mn^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , además del pH bajo del medio. El Mg es un microelemento importante en el proceso de fotosíntesis ya que es el átomo central de la molécula de clorofila y en el metabolismo glucídico. Las enzimas que intervienen en la fotosíntesis requieren del Mg como activador. También es activador en las enzimas que participan en la síntesis de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) a partir de los nucleótidos polifosfatados.

Su principal función está en las hojas: es el átomo central de la molécula de clorofila. Su distribución como nutriente es la siguiente: entre el 6% y el 25% del Mg se destina a la síntesis de la clorofila, del 5% al 10% a la síntesis de pectatos de las paredes celulares o a la formación de sales solubles que precipitan en la vacuola; el resto (del 60% al 90%) es extractable con agua.

La deficiencia de Mg reduce el crecimiento de la planta y los síntomas visuales aparecen cuando la fracción del Mg destinado a la clorofila excede en un 20% a 25% el total de Mg suministrado a la planta (Mejía & Menjívar, 2010).

(Perdomo et al., 1985) como se citó en (Mejía & Menjívar, 2010) enuncian que de la absorción total de Mg en la planta de arroz, el 12.71% tiene lugar desde la emergencia hasta la etapa de iniciación de la panícula; la maduración absorbe el 87.29% restante.

Síntomas de deficiencia:

- Altera el equilibrio metabólico de la planta porque sin él sería imposible el proceso de la fotosíntesis.
- Clorosis en las hojas viejas, que suele ser intervenal, ya que las células del mesófilo, situadas cerca de los haces vasculares, retienen la clorofila (con el Mg) durante un tiempo más largo que las del parénquima (Kramer, 2000) como se citó en (Mejía & Menjívar, 2010).
- En la planta de arroz (*Oryza sativa L.*), se altera el macollamiento y las hojas adquieren una coloración amarillenta, se vuelven onduladas y se doblan (Mejía & Menjívar, 2010).

### 5.3.4 Manganeso: Importancia en la planta

Es asimilado por las plantas como catión divalente  $Mn^{2+}$ . Las funciones principales del Mn se relacionan con el transporte de electrones, tales como:

- Funciona como activador de cerca de 35 enzimas, entre ellas la peroxidasa, la oxidasa y la deshidrogenasa málica. Su función principal consiste en la habilidad que tiene para cambiar de estados de oxidación (acepta y cede electrones) (Burnell, 1988, citado por Marschner, 1996) como se citó en (Mejía & Menjívar, 2010).
- En la reacción de Hill o fotólisis del agua, está presente en el complejo Mn-proteína que transporta electrones del agua al fotosistema II, reacción que requiere, por lo menos, cuatro átomos de Mn (Mejía & Menjívar, 2010).
- En la enzima Mn-superóxido dismutasa (Mn-SOD), una enzima del grupo SOD presente en las mitocondrias, los peroxisomas y los cloroplastos de algunas especies vegetales.
- Enzimas que intervienen en la fijación de N; enzimas respiratorias del ciclo de Krebs como la descarboxilasa y las deshidrogenasas; En la AIA oxidasa y en la síntesis de proteínas, carbohidratos y lípidos; En el conjunto de enzimas que protegen las plantas de los radicales superóxido ( $O_2^-$ ) (Marschner, 1996; Salisbury y Ross, 1994; López, 1998; Ascon Bieto y Talon, 2000; Navarro, 2000) como se citó en (Mejía & Menjívar, 2010).

Sintomas de deficiencia:

- Si la deficiencia de Mn es severa, el volumen de clorofila tiende a disminuir y esto afecta seriamente la actividad fotosintética. El arroz tolera mucho la concentración alta de Mn en la solución del suelo; por consiguiente, no es frecuente encontrar toxicidad de Mn en este cultivo. (Marschner, 1996) como se citó en (Mejía & Menjívar, 2010) enuncia que esta tolerancia depende de factores del medio ambiente como la temperatura, y la presencia en grandes cantidades de Si en el suelo.

### 5.4 Variedades a utilizar

Las variedades que se van a utilizar en la investigación son Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1. Para ello se obtiene la ficha técnica de la página de fedearroz.

**SIEMBRA** Se recomienda 100 – 130 kg/ha de semilla certificada en surcos con sembradora de precisión, en trasplante no usar más de 40 kg/ha en semillero, y entre 150 – 160 kg/ha para siembra al voleo. Evitar la siembra destapada para prevenir la pérdida de semilla. Se deben realizar mojes sin inundación para lograr una buena germinación.

**CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD**

**Vigor:** crecimiento inicial rápido ligado a pre-abonamiento adecuado y un manejo temprano de malezas.

**Macollamiento:** presenta alto macollamiento.

**SUSCEPTIBILIDAD A HERBICIDAS** Se observa una mayor reacción a las aplicaciones de dosis altas de Clomazone. Debe evitarse aplicaciones de herbicidas después de los 30 días después de emergencia.

**SANIDAD**

- Tolerante a *Pyricularia grisea* y Virus de Hoja Blanca.
- Susceptible a *Rhizoctonia solani*

Bajo las condiciones de manejo recomendadas no se presentan problemas fitosanitarios; no obstante, esta condición debe revisarse durante el ciclo del cultivo de acuerdo al monitoreo sanitario.

**NUTRICIÓN** Esta variedad es de ciclo intermedio a tardío, por lo que requiere de varios fraccionamientos dependiendo de la zona de siembra para lograr expresar su potencial.

**Nitrógeno (N):** fraccionamiento dependiendo de la zona de siembra.

% Dosis total	Rangos de aplicación	Días después de emergencia	
		0-500 msnm	Mayor a 500 msnm
5	Al momento de siembra	0	0
45-55	Inicio macollamiento hasta pleno macollamiento	11-37	12-40
40-50	Final primordio floral hasta inicio de embuchamiento	47-65	50-85

**Fósforo (F):** se recomienda en pre-siembra incorporada.

**Potasio (P):** fraccione entre siembra y embuchamiento.

**Elementos menores y secundarios:** se recomienda aplicar Ca, Mg, y S de acuerdo al análisis químico del suelo. Los menores incorporarlos al momento de la siembra, y los secundarios fraccionados en la fase vegetativa. El plan de fertilización debe estar basado en el análisis de suelo y en la oferta ambiental.

**COSECHA** Resistente al retraso de cosecha. Se recomienda con humedad entre 22 – 24%.

**OFERTA AMBIENTAL** Las etapas de formación de panícula, floración y llenado de grano, requieren buenas condiciones de temperatura y luminosidad.

*Gráfico 2: Ficha técnica variedad Fedearroz 67*

*Fuente:* (Fedearroz).

**SIEMBRA** Para siembra en surco entre 100 – 150 kg/ha de semilla certificada. Para siembra al voleo entre 160- 180 kg/ha de semilla certificada.

**CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD**

**Vigor:** crecimiento inicial rápido, el cual está ligado a una adecuada preabonada y un manejo temprano de malezas.

**Macollamiento:** intermedio. Usar densidades bajas de semilla en lotes bajos y en lotes altos evitar densidades mayores a 180 kg/ha. Realizar preabonamientos y evitar retrasos en la fertilización.

**SUSCEPTIBILIDAD A HERBICIDAS** No presenta susceptibilidad en particular. Deben evitarse aplicaciones de herbicidas después de los 30 días después de emergencia.

**SANIDAD**

- Tolerante a *Pyricularia grisea* y Virus de Hoja Blanca.
- Susceptible a *Rhizoctonia solani*

Bajo las condiciones de manejo recomendadas no se presentan problemas fitosanitarios; no obstante, esta condición debe revisarse durante el ciclo del cultivo de acuerdo al monitoreo sanitario.

**NUTRICIÓN** Es necesario ajustar las siguientes recomendaciones de fertilización a cada lote y al resultado del análisis de suelos.

**Nitrógeno (N):** debido a la precocidad se recomienda manejar la nutrición de acuerdo a las etapas de desarrollo. Los abonamientos se deben hacer más temprano.

% Dosis total	Rangos de aplicación	Días después de emerg.
5	Preabonamiento	0
20	Inicio de macollamiento	12-15
30	Pleno macollamiento	24-26
25	Antes de inicio de primordio floral	34-36
20	Inicio de embuchamiento	50-55

**Fósforo (F):** aplicación recomendada en pre-siembra incorporada especialmente en riego. En secano aplicar con una distribución de 50% en pre-siembra y 50% al inicio de macollamiento.

**Potasio (P):** fraccionar con el nitrógeno desde la pre-siembra.

**Elementos menores y secundarios:** los micronutrientes, Ca, Mg y S aplicarlos de acuerdo al análisis de suelos. Elementos menores incorporarlos al momento de la siembra, y los secundarios fraccionados en la fase vegetativa. El plan de fertilización debe estar basado en el análisis de suelo y en la oferta ambiental.

**COSECHA** Resistente a retraso de cosecha. Rango óptimo de cosecha entre 22 – 24%.

**OFERTA AMBIENTAL** La expresión de las etapas de desarrollo puede cambiar en la época húmeda (abril-octubre) y época seca (noviembre-marzo) en los Llanos Orientales. La presencia de aristas en el grano puede incrementar bajo condiciones de altas temperaturas.

Gráfico 3: Ficha técnica variedad Fedearroz 68

Fuente: (Fedearroz)

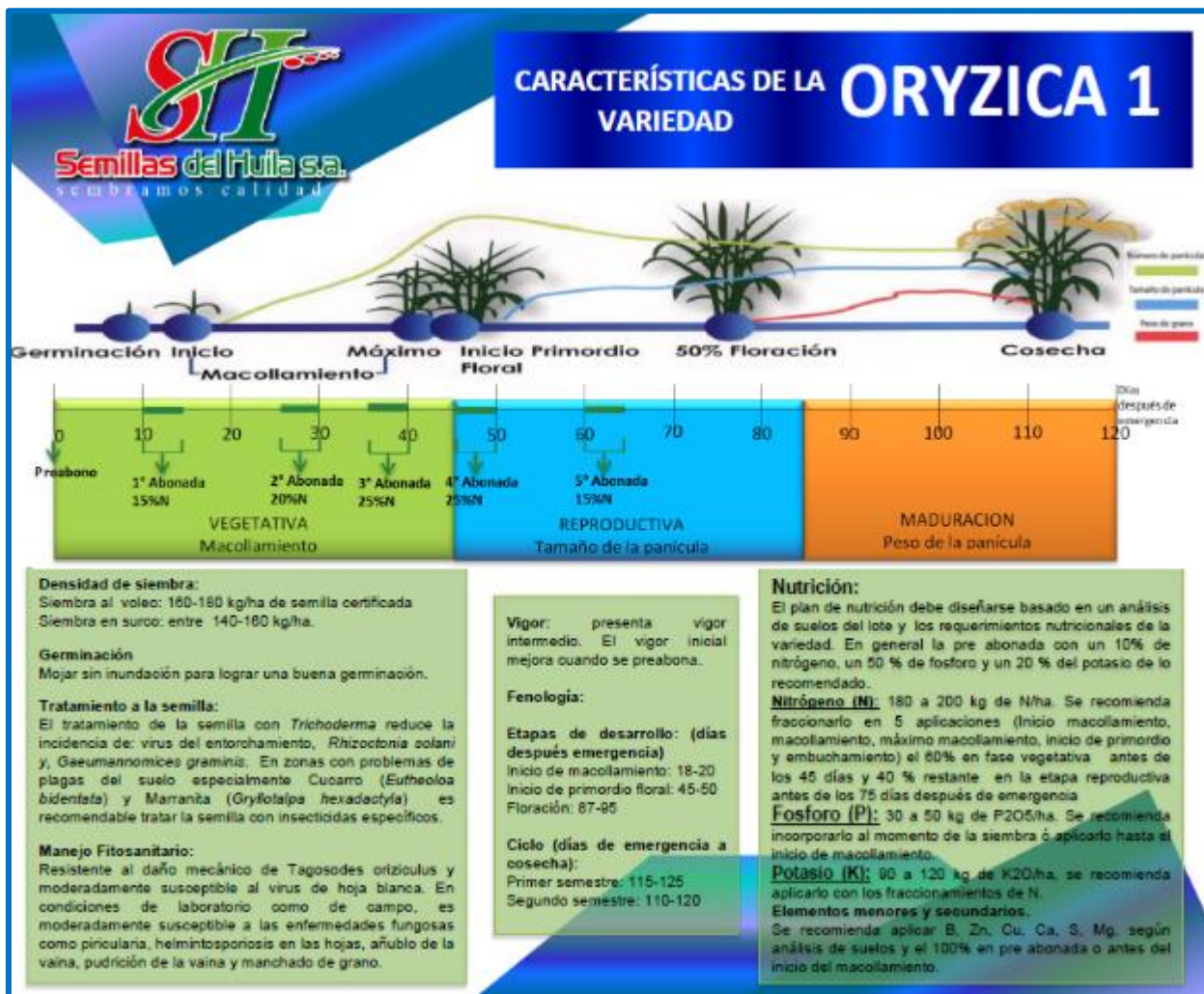


Gráfico 4: Ficha técnica variedad Oryzica 1

Fuente: (Semillas del Huila s.a.)

## 6. ANTECEDENTES

En materia de trabajos realizados en esta temática, se descubre que hay investigaciones que involucran el género *Oryza*, pero arroz silvestres. Es el caso de (JIANG, SHI, & WU, 2009) cuya investigación se titula “Estudios sobre nutrición mineral e inocuidad del arroz silvestre (*Oryza L.*)” Seleccionan 5 especies de arroz silvestre: *O. punctata*; *O. eichingeri* WR-2; *O. eichingeri* WR-3; *O. eichingeri* WR-4 y *O. eichingeri* WR-5, además de un testigo que es la especie Zhou 903; se analizaron los contenidos de elementos minerales tales como fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), sodio (Na), magnesio (Mg), hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn) y selenio (Se), y los elementos tóxicos potenciales arsénico (As), mercurio (Hg), plomo (Pb) y cadmio (Cd). Los resultados arrojaron que el contenido de K, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn y Se en cinco materiales de arroz silvestre era mucho más alto que el de la variedad de cultivo Zhou 903 tanto en el arroz integral como en el arroz elaborado. Lo que permite inferir que el crecimiento de estas especies silvestres es mayor, por el alto contenido de estos minerales. A su vez, el arroz silvestre también tenía un menor contenido potencial de elementos tóxicos de Hg, Pb y Cd en comparación con el Zhou 903 en el arroz integral y el arroz blanqueado, respectivamente.

En los países asiáticos es donde se encuentra la mayor fuente de investigaciones acerca de este tema, cuando se revisan las bases de datos como Scopus y Science Direct, los resultados arrojan pocas investigaciones en esta temática, y en su mayoría son procedentes de China, Japón, Corea. Otra investigación a resaltar, es la de (Wang *et al.*, 2018) titulado “Contribución de los nutrientes minerales desde la fuente a los órganos del descenso -bajada, hundimiento- en el arroz bajo diferentes fertilizaciones nitrogenadas.” Examinan cual es el elemento que mas contribuye en el crecimiento de brácteas, hojas y vainas para bajar -o hundir- el grano de arroz, en la variedad japónica de arroz Huaidao 5. Para ello realizan el experimento de la maceta con tres tratamientos de recubrimiento de nitrógeno (N). Se midió la removilización de nueve nutrientes minerales incluyendo N, fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn) y cobre (Cu). Los resultados experimentales mostraron una contribución considerable de las brácteas al grano para N, Mg y Zn, con contribuciones promedio de 5.96, 12.56 y 12.34%, respectivamente, indicando un papel positivo de las

brácteas de arroz en la removilización de N, Mg y Zn durante el llenado del grano. Por el contrario, se reveló una contribución menor de las brácteas al grano P, K y Cu, con una tasa de contribución de 0.99, 3.90 y 3.05%, respectivamente. Además, un aumento neto en las concentraciones de Ca y Fe de las brácteas lo que implica que las brácteas funcionan como un sumidero de estos nutrientes minerales.

Para Latinoamérica se tiene la investigación que realizan (Degiovanni, Martínez, & Motta, 2010) titulada “Producción Eco-Eficiente del arroz (*Oryza sativa L.*), en América Latina” los cuales abordan el tema del arroz (*Oryza sativa L.*), desde los enfoques económico (tendencias de la producción mundial de arroz, precios y demás), botánico, ecológico y agronómico. En este último enfoque se dedican a explicar dimensiones específicas como mejoramiento del arroz en Latino América, Mejoramiento del arroz silvestre, transformación genética del arroz, la fisiología de la planta y la productividad del culivo, manejo de malezas en el arroz, herbicidas, nutrición mineral del arroz, y demás. Para propósitos de la presente investigación se aborda como antecedentes el capítulo 17 de este libro, ya que habla acerca de la nutrición mineral del arroz. (Mejía & Menjívar , 2010) escriben este capítulo, los cuales abordan las Funciones, distribución y relaciones de 13 elementos esenciales en la planta de arroz, a saber: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Silicio (Si), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo) y Boro (B).

Enuncian que el Zn está presente en la síntesis del triptófano, aminoácido precursor del ácido indol-acético (AIA), una auxina que es hormona del crecimiento. Además, tiene una función importante como estabilizador de la clorofila. Para el Cu, la planta requiere de cantidades pequeñas, y éste tiene la función de mantener las hojas con la coloración adecuada, mantener vivas las células de tejidos en el ápice de las hojas y a lo largo del margen foliar, también en la formación de polen y el proceso de fertilización de la planta de arroz. El Mg es un microelemento importante en el proceso de fotosíntesis ya que es el átomo central de la molécula de clorofila y en el metabolismo glucídico, por tanto contribuye al crecimiento de la planta de arroz y al desarrollo de las hojas. El Mn también es importante para la actividad fotosintética, también funciona como activador de cerca de 35 enzimas, entre ellas la peroxidasa, la oxidasa y la deshidrogenasa málica. Su función principal consiste en la habilidad que tiene para cambiar de estados de oxidación (acepta y cede electrones)



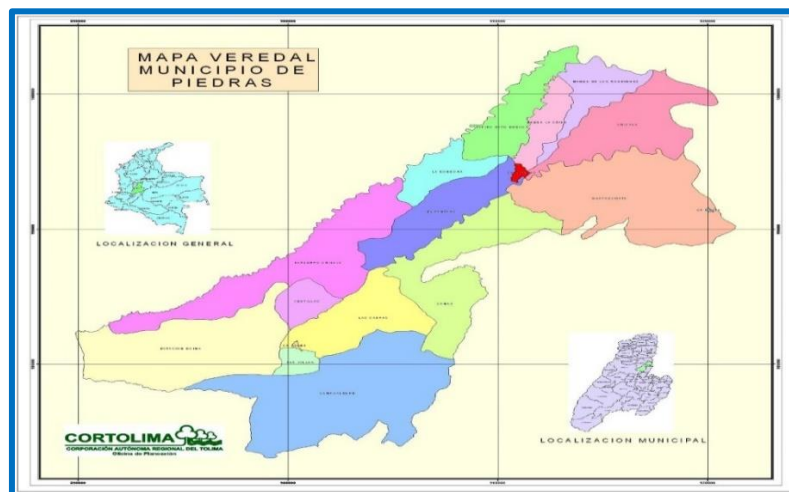
En relación con el Departamento del Tolima, se encuentra el informe de (Aguilar, Muñoz, & Jimenez, 2016) titulado “Bases de datos de cultivos de arroz en Colombia, Nicaragua y Perú con información en suelos, manejo de cultivo, clima y rendimiento”, los cuales analizaron los datos reunidos por el equipo de análisis del CIAT (International Center for Tropical Agriculture), que retratan la actividad arrocera en Colombia, Nicaragua y Perú. Para Colombia ellos trabajan en conjunto con Fedearroz, reuniendo información de 13 fincas productoras ubicadas a lo largo de cuatro municipios del departamento del Tolima: Ibagué, Piedras, Alvarado y Venadillo. Se obtuvieron las propiedades físico-químicas del suelo y descubrieron elementos como Zinc, Cobre, Magnesio y Manganeso, entre otros. Los descubrimientos concluyen en la importancia de aquellos elementos para el enraizamiento de la planta de arroz (*Oryza sativa L.*), bien sea por propiedades del suelo o por medio de riego. Pero no se especifica cual es el que presenta mayor influencia en este proceso agronómico.

## 7. METODOLOGÍA

### 7.1 Materiales, métodos y área de estudio.

El Municipio de Piedras se encuentra ubicado en el centro del Departamento del Tolima, su cabecera está a 50 Km de Ibagué la capital del Departamento. Con territorios ligeramente ondulados y planos, al sur del Municipio se ubica la zona montañosa con alturas menores a los 700 m.s.n.m. Sus coordenadas son: Latitud norte  $4^{\circ} 29'$  y Longitud oeste  $74^{\circ} 59'$ . Una altura de 605 m.s.n.m., Temperatura promedio de  $28^{\circ}\text{C}$ , una radiación solar en promedio de  $418,25 \text{ W}/\text{m}^2$  y una precipitación anual de 1.012 mm, con una humedad relativa de 55,27% en promedio (Fedearroz, 2019). El Municipio se extiende por un aproximado de  $355 \text{ Km}^2$  de los cuales el  $1.20 \text{ Km}^2$ , es decir 0.34% son la cabecera municipal y el 99.66% restante es la zona rural. La superficie está asentada en dos regiones totalmente diferentes, una plana localizada cerca del río Magdalena al norte y occidente, otra zona montañosa situada al sur. (Montealegre, 2008). Con una población aproximada de 5.662 habitantes.

En el Municipio de Piedras el principal generador de empleo gira en torno a la siembra, recolección y venta de la cosecha del cultivo del arroz (Tiempo, 2005). Es un sector con especialización agrícola cuya producción y área cosechada ha venido en ascenso.



*Gráfico 5: Mapa veredal municipio de Piedras.*

*Fuente:* (Montealegre, 2008)

### 7.1.1 Ubicación Geográfica del estudio

El estudio se realizó en la Finca Agrícola El Chaco, ubicada en la vereda Paradero de Chípalo, jurisdicción de Piedras, la actividad principal de esta finca es la producción de arroz.



*Gráfico 6: Coordenadas Finca Agrícola El Chaco*

*Fuente: Autor*

Datos generales: Cultivo: Arroz *Oryza sativa L* Variedad: Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1.

Descripción del estudio: El estudio se realizó en el lote 15 de la Finca Agrícola el Chaco, con un área total de 10.5 Ha de las cuales 250m<sup>2</sup> del terreno fueron destinados para el estudio. El suelo posee una textura Franco-Arenosa y un pH de 6.62

La primera actividad que se llevó acabo fue la lectura y revisión del análisis de suelo del lote, para tener en cuenta que elementos y en qué proporción se encontraban en el suelo.



**LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS, TEJIDO FOLIAR,  
AGUAS Y FERTILIZANTES.**  
Resultados Análisis de Suelo

No Laboratorio  
5-47437

Propietario / Agricultor				Asistente Técnico				Finca	
Agrícola el Chaco				Hernando Muñoz				El Chaco	
Cultivo				Lote		Vereda / Corregimiento			
Arroz - Preparación				15 (10.5 has)		Dama			
Municipio			Departamento			Fecha de Ingreso		Fecha Resultado	
Ibagué			Tolima			07/09/2018		15/09/2018	
pH	Textura				H+Int (cmol/kg)	Al+Int (cmol/kg)	C.E. (dS/m)	% C.O	N (%)
	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clasificación					
6,63	52%	30%	18%	Franco Arenoso	N/A	N/A	0,184	0,43	0,04
C.I.C.E. (cmol/kg) (%)	Bases Intercambiables (cmol/kg o meq/100g)				Elementos Menores (ppm ó mg/kg)				
	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Cobre	Hierro	Zinc	Manganeso	Boro
8,65	4,67	3,5	0,26	0,21	0,78	34,2	1,8	9,46	0,39
Fósforo (P) (mg/kg)	Azufre (S) (mg/kg)	Da (g/cm3)	N-NH4 (mg/kg)	N-NO3 (mg/kg)	Cd Meq/100g	Cl ppm	CO3 ppm	HCO3 ppm	N - total %
16,73	10,05	1,31	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
SiO2 ppm	Mo ppm	Ca ppm	As ppm	Hg ppm	Cd ppm	Cr ppm	Pb ppm	Ni ppm	Otro
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Nota: Los resultados corresponden únicamente a la muestra procesada en el laboratorio y no a otra muestra de la misma procedencia. Los informes de análisis y controlmuestras permanecerán en archivo por seis meses a partir de la emisión del resultado. Cualquier reclamo o sugerencia favor comunicarla a la Dirección de Laboratorio Tel 2171903-5488172 Bogotá D.C. o al e-mail: tecnanalisis@tecnanalisis.com

<b>METODOLOGÍAS</b>	<b>FACTORES DE CONVERSIÓN</b>		
pH, C.E: Relación 1:1 Suelo: Agua	cmol/kg = meq/100g	cmol/kg K x 391 = ppm K	cmol/kg x 0.0391 = % K
Textura: Método de Boyoucos	mg/kg = ppm	cmol/kg Ca x 200 = ppm Ca	cmol/kg x 0.0200 = % Ca
H+ y Al+3 Intercambiable: Extracción con KCl 1 N / Volumétrica	Porcentaje(%) = ppm/10000	cmol/kg Mg x 121,6 = ppm Mg	cmol/kg x 0.0121 = % Mg
% C.O: Walkley y Black/Volumétrica/Colorimétrica	mmhos/cm = dS/m	cmol/kg Na x 230 = ppm Na	cmol/kg x 0.0230 = % Na
Fósforo: Bray II - Olsen / Colorimétrica			
Bases Intercambiables: Acetato de Amonio / A.A.			
Elementos Menores: DTPA / A.A.			
Boro y Azufre: Fosfato Monobásico de Calcio/Colorimétrica			
Hierros y Amonio: Extracción con KCl / Destilación/ Colorimétrica			
CICE: Sumatoria de Ca, Mg, Na, K, N, H.			

Andrés Mauricio Pallares  
Profesional Responsable

Laura Uribe Niño  
Quím. Analista de Laboratorio  
TECNANÁLISIS S.A.S.  
TEL. 900 119 338-1

Gráfico 7: Foto del Análisis de suelo

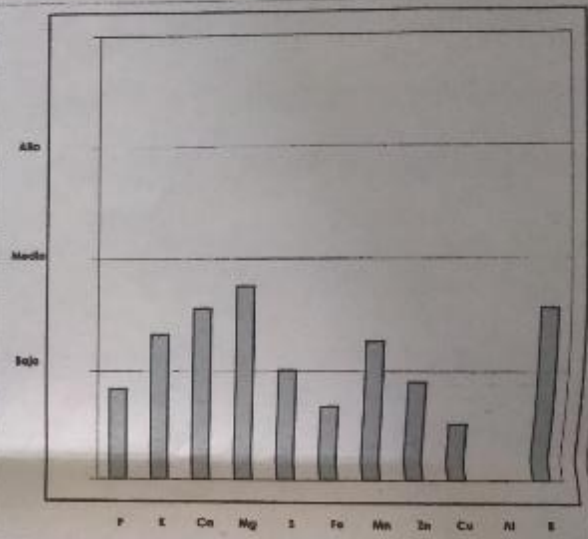
Fuente: Autor



**INDICE GENERAL DE FERTILIDAD DEL SUELO**

5-47437

PARÁMETROS	RESULTADO	INTERPRETACIÓN
<b>TEXTURA</b>		
% Arena	52%	<b>Franco Arenoso</b>
% Limo	30%	
% Arcilla	18%	
<b>TEXTURA</b>		
pH	6.63	<b>Neutro</b>
Alum. Int. (Al) cmol/kg	N/A	<b>N/A</b>
<b>ELEMENTOS MAYORES</b>		
% C.O.	0.43	<b>N/A</b>
Fósforo (P) ppm	14.73	<b>Medio</b>
Potasio (K) cmol/kg	0.26	<b>Medio</b>
<b>ELEMENTOS SECUNDARIOS</b>		
Calcio (Ca) cmol/kg	4.67	<b>Medio</b>
Magnesio (Mg) cmol/kg	3.5	<b>Alto</b>
Azufre (S) ppm	10.05	<b>Medio</b>
<b>ELEMENTOS MENORES</b>		
Cobre (Cu) ppm	0.78	<b>Bajo</b>
Hierro (Fe) ppm	34.2	<b>Medio</b>
Zinc (Zn) ppm	1.8	<b>Bajo</b>
Manganeso (Mn) ppm	9.46	<b>Bajo</b>
Boro (B) ppm	0.39	<b>Medio</b>
<b>SALINIDAD Y SODICIDAD</b>		
C.E. dS/m	0.184	<b>Bajo</b>
Sodio (Na) cmol/kg	0.21	<b>adecuado</b>
%Na	2.46	<b>ideal</b>



RELACIONES DE ELEMENTOS						
C.I.C.E	Saturación de Cationes					
cmol/kg	% Ca	% Mg	% K	% Al	Bases	
8.65	53.99	40.45	3.06	N/A	N/A	
Bajo	Adecuada	Alto Mg	Adecuado	N/A	N/A	

RELACIONES DE ELEMENTOS								
C.E. dS/m	Ca+Mg/K	Mg/K	Ca/Mg	Ca/B	Fe/Mn	P/Zn		
30.9	13.24	1.33	2393.08	3.42	9.27			
%Na	Deficiencia K	Saturación S	Deficiencia Ca	Deficiencia S	Saturación Fe	Adecuado		

INTERPRETACIÓN	% M.O (de acuerdo al clima)			% M.O MUESTRA
	Cálida	Frío	Medio	
BAJO	< 2.0	< 5.0	< 3.0	<b>0.75</b>
MEDIO	2.0 - 3.0	5.0 - 10.0	3.0 - 5.0	
ALTO	> 3.0	> 10.0	> 5.0	



Gráfico 8: Foto de la Interpretación - Análisis de suelo

Fuente: Autor

Se procedió a realizar la medición del área  $250m^2$ , el terreno ya contaba con la preparación adecuada (3 pases de rastra, Nivelación con Landplane, Caballoneo con taipa para la distribución del riego). Posterior se llevó a cabo el conteo de las 6.000 semillas de Arroz (*Oryza sativa L*) Variedad: Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1 correspondiente a 2.000 semillas/variedad. Así mismo se llevó a cabo la aplicación de los insumos a las 1.200 semillas de arroz cada una con su tratamiento respectivo (Zn, Cu, Mg, Mn y testigo absoluto).

El siguiente paso a realizar fue la elaboración de las estacas con la asignación de un color/estaca de acuerdo al tratamiento (Amarillo-Zinc, Rojo-Cobre, Azul-Magnesio, Verde-Manganeso), las cuales fueron llevadas a campo a realizar el montaje. El montaje consistió en la elaboración de 20 parcelas/variedad con una medición de  $1m^2$  cada una, la cual fueron distribuidas en 4 bloques con 5 parcelas y/o tratamiento cada una, contando el testigo absoluto. Posterior se realizó la demarcación de las parcelas con unos tableros con la siguiente numeración de acuerdo al número del bloque y número del tratamiento: (101 – siendo el primer dígito el número del bloque y el tercer dígito número del tratamiento), Por consiguiente las numeraciones de los bloques y tratamientos fueron los siguientes: ( 101, 102, 103, 104, 105, 201, 202, 203, 204, 205, 301, 302, 303, 304, 305, 401, 402, 403, 404, 405); de acuerdo al color de los tratamientos así mismo era la demarcación numérica (1-Zinc, 2-Cobre, 3-Magnesio, 4-Manganeso, 5 testigo absoluto), esto con el fin de evitar alguna preferencia hacia uno de los micro elementos, teniendo conocimiento de cual aporta más al desarrollo radicular.

Después de tener el montaje terminado, pasamos a la siembra de las variedades las cual se realizó por parcela con una densidad de 100 semillas/ $m^2$ , a una distancia de 10\*10 cm entre planta y surco, con fecha de siembra del 11 de junio del 2019.

La siguiente actividad que se realizo fue el riego por gravedad a los 15 días de la siembra, para permitir la emergencia de las plantas, con una fecha de germinación del 30 de junio, con un porcentaje promedio del 80%. Constantemente se realizaba manejo de arvenses manuales.

Las evaluaciones del desarrollo radicular se realizaron a los 15, 20, 25 y 30 días después de la fecha de germinación, siendo la primera evaluación el 4 de julio del 2019, la segunda evaluación el 9 de julio del 2019, la tercera evaluación el 15 de julio del 2019 y la última evaluación el 22 de julio del 2019. En cada una de estas evaluaciones se tomaban 15 plantas de

muestra por parcela/tratamiento para realizar el estudio de la raíz Longitud/ancho, para un total de 60 plantas/parcela/tratamiento evaluadas.

Por ultimo después de obtener todos los datos se analizaron estadísticamente.

## 7.2 Diseño experimental

Diseño: Bloques Completamente al Azar (B. C. A)

Tamaño de la muestra: 250 m<sup>2</sup> de área, 3 variedades, (60) Parcelas, 6000 semillas.

Distribución de muestra: 4 bloques de 5 parcelas para un total de 20 parcelas por variedad.

Parcelas: Cada una contiene un tratamiento distinto (Zn, Cu, Mg, Mn, Testigo) con la misma variedad, de 100 semillas de Arroz *Oryza sativa L* a una distancia de 10cm \* 10cm entre planta y surco, para un área de 1m<sup>2</sup> utilizado.

Número de repeticiones: 4; Número de tratamientos: 5; Numero de evaluaciones: 4

### 7.2.1 Distribución de los tratamientos

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
Zn	Mn	Cu	Mg
Cu	Mg	T	Zn
Mn	T	Mg	Cu
Mg	Zn	Mn	T
T	Cu	Zn	Mn

**Tabla 6:** Variedad Fedearroz 67

Fuente: Autor

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
Zn	Mn	Cu	Mg
Cu	Mg	T	Zn
Mn	T	Mg	Cu
Mg	Zn	Mn	T
T	Cu	Zn	Mn

*Tabla 7: Variedad Fedearroz 68*

*Fuente: Autor*

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
Zn	Mn	Cu	Mg
Cu	Mg	T	Zn
Mn	T	Mg	Cu
Mg	Zn	Mn	T
T	Cu	Zn	Mn

*Tabla 8: Variedad Oryzica 1*

*Fuente: Autor*



### 7.2.2 Aplicación de los tratamientos

Se trataron las semillas con las dosis correspondientes (ver tabla de tratamientos), la dosis utilizada de agua fue de 22 lts/Ha.

Productos a evaluar: Microelementos Zinc, Cobre, Magnesio, Manganeso.

Modo y mecanismo de acción.

Mecanismo de acción. Los microelementos como Zinc, Cobre, Magnesio, Manganeso actúan en algunas reacciones enzimáticas de la planta de arroz (*Oryza sativa L.*), favoreciendo un mejor desarrollo radicular de la planta de arroz.

Modo de acción. Adsorción de microelementos por para verificar cuál de estos es el que más favorece y aporta al proceso de enraizamiento.

Tipo de aplicación: Se realizó la aplicación directamente a la semilla.

Tipo de equipo Usado: Se utilizaron frascos de splash en los cuales se agregó el agua y el microelemento correspondiente a cada tratamiento para de este modo ser aplicado directamente a las semillas a tratar.

Gramera digital: utilizada para tomar el peso de la semilla y de la dosis de cada uno de los microelementos a evaluar.

Momento y frecuencia de aplicación: Se realizó una (1) aplicación directamente a la semilla antes de la siembra.

	TRATAMIENTO	PRODUCTO COMERCIAL.	DOSIS IA. (kg-Lt/Ha)	DOSIS PC. (kg-Lt/Ha)
T1	Zinc	Quelatos Zinc		1
T2	Cobre	Quelatos Cobre		0.3
T3	Magnesio	Quelatos Magnesio		0.1
T4	Manganeso	Quelatos Manganeso		0.1
T5	Testigo Absoluto	N/A		N/A

**Tabla 9:** Tratamientos

*Fuente:* Elaboración propia

Metodología de evaluación: En cada una de las parcelas se tomaron 15 plantas al azar en cada una de las evaluaciones para hacer el respectivo análisis del crecimiento radicular.

Frecuencia de evaluación: Se realizaron evaluaciones 10 días después de emergida la semilla y de la aplicación de los microelementos. Adicional a esto se continuó con la evaluación a los 15, 20, 25 y 30 días después de emergida la semilla.

### 7.2.3 Recursos Necesarios

RECURSO	DESCRIPCION	PRESUPUESTO (\$)
<b>Equipo Humano</b>	Dos investigadores estudiantes del programa de agronomía	\$ 3.000.000
<b>Equipos y Software</b>	PC, Cámara, programa de estadística	\$ 1.000.000
<b>Viajes y Salidas de Campo</b>	5 Salidas de campo para realizar la evaluación	\$ 300.000
<b>Materiales y suministros</b>	Semillas de arroz ( <i>Oryza sativa L.</i> ),	\$3.000
	Elementos quelatos de Zn, Mg, Mn, Cu	\$ 40.000
		\$ 80.000
<b>TOTAL</b>		<b>4.423.000</b>

*Tabla 10: Recursos necesarios*

*Fuente: Elaboración propia*

## 8. RESULTADOS

Con base en el trabajo de campo se obtuvo una matriz que integra los datos de la longitud de la raíz y el ancho de la raíz medidos en centímetros, para los cuatro microelementos aplicados y también para el testigo. Esta información, para cada una de las cuatro evaluaciones, al momento de 15 días, 20 días, 25 y 30 días, para las tres variedades estudiadas.

Se obtiene una muestra de 15 plantas por cada bloque de 100 plantas, y como son cuatro bloques por microelemento, entonces se tienen 60 datos para cada microelemento, esto a su vez para cada momento de estudio. Así que se tiene una base de 300 datos para determinar el microelemento que más influye en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Se subió la base de datos al Software Stata para analizar estadísticamente su comportamiento.

### 8.1 Resultados Fedearroz 67 primer momento

Con respecto al porcentaje de germinación, los microelementos tuvieron un efecto en la planta de arroz (*Oryza sativa L*) en promedio entre 90,25% y 92,75%. Siendo el Magnesio el mineral que menos contribuyó a la germinación. Por su parte, el Zinc es el mineral que más contribuye a la germinación. También se destaca que durante los primeros 15 días del tratamiento, las plantas variaron muy poco en su germinación, se comportaron de una manera muy homogénea para los 4 microelementos. Con relación a la longitud de la raíz, los primeros 15 días exhiben un crecimiento superior en aquellas expuestas por el Manganeso, ubicándose en promedio con una longitud de 5.4 cm, alcanzando un máximo de 10.5 cm. No obstante, hay factores exógenos que no se contemplan en esta investigación, como las condiciones del suelo para la absorción del mineral o la asimilación por la semilla, ya que la variación de la longitud de la raíz es bastante, encontrándose una desviación estándar de 1.47 cm en aquellas que se les suministra Magnesio, hasta alcanzar la dispersión de 1.84 cm en las plantas evaluadas con Cobre.

La asimetría presenta un comportamiento similar para los cuatro microelementos y también para el testigo, es mayor a cero lo cual indica que de la muestra de 60 plantas, hay más raíces que su longitud es menor al promedio de cada microelemento. Ocurre de

manera similar con la Kurtosis, es positiva para los cinco casos estudiados, lo cual indica que la asimilación de los quelatos por parte de las semillas es uniforme, y no permite valores atípicos.

Con relación al ancho de la raíz se observa que en promedio las plantas tratadas con Manganeso crecieron más que las demás. También se corrobora que estas plantas son las que presentaron menos dispersión con respecto a su media, con una desviación estándar de 1.32 cm. El testigo presentó mayor variación en sus plantas, las cuales oscilaron en 1.6cm de variación. Para profundizar en el análisis, véase anexo 1.

## **8.2 Resultados Fedearroz 67 cuarto momento**

Pasados los 30 días de tratamiento de las plantas, el comportamiento que se observó durante la primera evaluación sigue manteniéndose. Con relación a la longitud de la raíz, en promedio a las plantas que se les aplicó Manganeso crecieron más que las demás, ubicándose 0,21 cm por encima de aquellas con Zinc, 0,19 cm por encima de aquellas con Cobre, 0,22 cm por las de Magnesio y 0,65 cm por el Testigo. Igual se observan las demás medidas de dispersión para corroborar que las plantas a las que no se les aplicó microelemento fueron las que menos variabilidad presentaron en la longitud de la raíz.

Con relación al ancho de la raíz, los resultados cambiaron debido a que el Zinc fue el que, en promedio, permitió mayor crecimiento. Para profundizar en el análisis, véase anexo 2.

Si bien las medidas de tendencia central y las medidas de dispersión muestran un resumen y organización de la información contenida en el conjunto de datos, del comportamiento de la raíz de la planta de arroz (*Oryza sativa L.*), variedad Fedearroz 67, no es suficiente para aseverar el microelemento que más influye en el crecimiento y desarrollo radicular de la planta, para ello se va a disponer del análisis de Varianza, o ANOVA.

Para el Análisis de Varianza se debe formular una hipótesis: ¿Existe una diferencia en la longitud de la raíz y en el ancho de la raíz si utilizo un tratamiento -microelemento- diferente?

### 8.3 Desarrollo radicular Fedearroz 67

Primero que todo se genera una nueva variable que sea la multiplicación entre los datos de la longitud de la raíz y del ancho de la raíz, de ese modo se obtiene el área total en centímetros cuadrados. El análisis multifactorial incluyendo el microelemento, que para este caso se llama N° de tratamiento; el Bloque, que arroja la importancia en la ubicación; y la variable interacción entre el microelemento y el bloque.

Con una significancia del 5%, si cambio de microelemento, **no** hay diferencia estadísticamente significativa en la longitud de la raíz. Por tanto, los microelementos acá tratados, por si solos no explican el crecimiento de la raíz. Esto se debe a lo enunciado por (Mejía & Menjívar , 2010) en relación con los 17 elementos esenciales para la nutrición mineral de la planta de arroz. Acá se toman cuatro de los 17, lo que explica la significancia de los elementos. Sin embargo, la variable que muestra el efecto de la interacción entre los microelementos y los bloques es estadísticamente significativa, lo que da por entendido que el hecho de que cada bloque cuente con características diferentes del suelo, al momento de sembrar las semillas, éstas asimilan el microelemento de una manera óptima.

anova Desarrollo_Raíz Ndetratamiento Bloque Ndetratamiento# Bloque					
	Number of obs =	300	R-squared =	0.1804	
	Root MSE =	18.9533	Adj R-squared =	0.1247	
Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	22133.139	19	1164.9021	3.24	0.0000
Ndetratam~o	931.36278	4	232.8407	0.65	0.6286
Bloque	1958.2447	3	652.74823	1.82	0.1442
Ndetratam~o#Bloque	19243.532	12	1603.6276	4.46	0.0000
Residual	100583.54	280	359.22692		
Total	122716.68	299	410.42367		

**Tabla 11:** ANOVA Fedearroz 67

*Fuente: Elaboración Propia*

Para la variedad Fedearroz 67 se tiene que los efectos marginales de cada microelemento en cada bloque son estadísticamente significativos. Se observa para el Zinc (N° de tratamiento 101) el desarrollo radicular se da en mayor medida en el bloque 3. Para el mineral Cobre su desarrollo se vio predominante en el bloque 4 y el 1. Para el Magnesio en el bloque 3. La longitud y el ancho de la raíz de la planta de arroz crece y se espera que crezca en mayor medida por efecto del Manganeso (N| de tratamiento 104) en su raíz. De los cuatro microelementos estudiados, el Manganeso (Mn) causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz (*Oryza sativa L*), de la variedad Fedearroz 67, específicamente se observa por los efectos marginales del bloque 2, creciendo 68,86cm<sup>2</sup>.

```

. margins Ndetratamiento# Bloque
Adjusted predictions          Number of obs   =       300
Expression   : Linear prediction, predict()

```

	Delta-method					[95% Conf. Interval]
	Margin	Std. Err.	t	P> t		
Ndetratamiento#Bloque						
101 1	52.71667	4.893717	10.77	0.000	43.08352	62.34981
101 2	43.28333	4.893717	8.84	0.000	33.65019	52.91648
101 3	56.3	4.893717	11.50	0.000	46.66685	65.93315
101 4	43.6	4.893717	8.91	0.000	33.96685	53.23315
102 1	49.68	4.893717	10.15	0.000	40.04685	59.31315
102 2	47.53333	4.893717	9.71	0.000	37.90019	57.16648
102 3	44.13333	4.893717	9.02	0.000	34.50019	53.76648
102 4	49.68333	4.893717	10.15	0.000	40.05019	59.31648
103 1	42.5	4.893717	8.68	0.000	32.86685	52.13315
103 2	33.35	4.893717	6.81	0.000	23.71685	42.98315
103 3	57.75	4.893717	11.80	0.000	48.11685	67.38315
103 4	51.5	4.893717	10.52	0.000	41.86685	61.13315
104 1	35.71667	4.893717	7.30	0.000	26.08352	45.34981
104 2	68.86667	4.893717	14.07	0.000	59.23352	78.49981
104 3	50.73333	4.893717	10.37	0.000	41.10019	60.36648
104 4	33.53333	4.893717	6.85	0.000	23.90019	43.16648
105 1	40.18333	4.893717	8.21	0.000	30.55019	49.81648
105 2	52.88333	4.893717	10.81	0.000	43.25019	62.51648
105 3	38.58333	4.893717	7.88	0.000	28.95019	48.21648
105 4	43.26667	4.893717	8.84	0.000	33.63352	52.89981

**Tabla 12:** Efectos marginales de los microelementos al desarrollo radicular de Fedearroz 67

*Fuente:* Elaboración Propia

#### **8.4 Resultados Fedearroz 68 Primer momento**

El conjunto de datos de la variedad de Fedearroz 68 presenta un promedio de longitud de la raíz de 4,516 Cm para aquellas que fueron tratadas con Cu. En relación con las demás plantas, este microelemento es el que en promedio presenta crecimiento superior para los primeros 15 días. El Zn presenta un valor atípico de una planta de 12cm de longitud, pero al observar la variación de las plantas tratadas con este elemento con respecto a su promedio, es muy notoria, de 1,93cm de desviación estándar siendo la que mayor dispersión presenta en relación con los demás elementos. En este orden de ideas, las demás medidas de dispersión en el Zn, como la Kurtosis y la Asimetría son superiores en lo que respecta a la longitud de la raíz. El Manganeseo es el elemento que presenta el comportamiento más homogéneo.

Con relación al ancho de la raíz, el Manganeseo tuvo un promedio de crecimiento superior a sus semejantes, y a su vez presenta la planta con mayor extensión en la raíz, de 8cm. Sin embargo, el elemento tiene a producir una dispersión en el ancho de las plantas con respecto a su media, el Mn presenta una variación estándar 1,31cm de las plantas. El elemento con mayor variabilidad. El ancho de la raíz en las plantas tratadas con Cu creció de manera más homogénea en cuestión con las demás; 0,19 cm menos que el Zn; 0.10 cm que el Mg; 0.45cm y 0.08cm que el Mn y el testigo respectivamente. Para profundizar en el análisis, véase Anexo 3.

#### **8.5 Resultados Fedearroz 68 Cuarto momento**

En lo corrido de los 30 días, el Cu ya no es el elemento que presenta mayor promedio de crecimiento. Las plantas tratadas con Mg crecieron en su longitud 8.40cm en promedio. En relación con las medidas de tendencia central de los demás, este elemento es el que presenta un comportamiento superior, aunque el Zn oscile en un rango de 12cm, superior a los demás, es por el efecto de la variabilidad y no del promedio de longitud. Cuanto mayor es el rango, más dispersos están los datos, y esta premisa se observa en el Zn, ya que es mayor la Desviación Estándar (2,14) que los demás. Se entiende por lo cual, que las plantas tratadas con Zn se comportaron más atípicamente, a raíz, posiblemente, que no

asimilaron la cantidad de Zn suministrada. La variabilidad del crecimiento de las plantas con respecto a su media fue menor en aquellas tratadas con Manganeso.

Con relación al ancho de la raíz, el Cu influyó en que las plantas crecieran en promedio más cm que sus semejantes. Adicionalmente la parcela se comportó con un rango menor que los demás, y a su vez una Desviación estándar menor. En cuanto a este elemento, también aportó para una asimetría y Kurtosis considerablemente menores que las demás, enunciando una mayor concentración de los datos en torno a la media. En las medidas de dispersión, las plantas testigo presentaron el comportamiento más heterogéneo. Para profundizar en el análisis, véase Anexo 4.

## **8.6 Desarrollo radicular Fedearroz 68**

Cuando se realiza el análisis de Varianza para esta variedad de arroz, los cuatro microelementos no son estadísticamente significativos por sí solos, y de manera similar al caso de la variedad anterior, se debe a que hacen falta 14 elementos por incluir. Sin embargo, la presente investigación se enfoca en ponderar el efecto de estos cuatro minerales en la planta de arroz. La ubicación estratégica de los bloques vuelve a ser importante en esta variedad, se infiere que una semilla con -por ejemplo- microelemento Zinc está estratégicamente plantada en ese lugar, y los nutrientes del suelo se complementan con el quelato. Ocurre de la misma manera con los tres microelementos restantes. Se observa que también el testigo se ubica estratégicamente, y el suelo le proporciona los nutrientes necesarios. Es un resultado que vale la pena ahondar en próximas investigaciones.



anova Desarrollo_Raiz Ndetratamiento Bloque Ndetratamiento# Bloque					
		Number of obs =	300	R-squared =	0.1753
		Root MSE =	16.8358	Adj R-squared =	0.1193
Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	16866.171	19	887.69319	3.13	0.0000
Ndetratam~o	876.50708	4	219.12677	0.77	0.5435
Bloque	1720.8956	3	573.63187	2.02	0.1108
Ndetratam~o#Bloque	14268.768	12	1189.064	4.20	0.0000
Residual	79364.192	280	283.44354		
Total	96230.362	299	321.84068		

**Tabla 13:** ANOVA Fedearroz 68

*Fuente:* Elaboración Propia

Con la significancia estadística de la variable interacción, se observa que el microelemento Zinc presentó mayor desarrollo radicular en el bloque 2, con  $62,966\text{cm}^2$ . El comportamiento radicular más sobresaliente del Cu se dio en el bloque 3 y de la misma manera ocurre con el Mg,  $47,68\text{cm}^2$  y  $56,45\text{cm}^2$  respectivamente. Con relación al Mn el bloque 1. Y, por último, el testigo presenta un crecimiento radicular de  $51,65\text{cm}^2$  en el bloque 3. Si bien se observa en los efectos marginales, que el crecimiento radicular es muy divergente entre minerales, se encuentra el caso del Zn con  $15,26\text{cm}^2$  por encima del Cu, y de  $11,31\text{cm}^2$  por encima del Testigo.

De los cuatro microelementos estudiados, el Zinc (Zn) causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de la variedad Fedearroz 68.

```

. margins Ndetratamiento# Bloque

Adjusted predictions          Number of obs   =       300

Expression   : Linear prediction, predict()

```

	Delta-method				
	Margin	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
Ndetratamiento#Bloque					
101 1	39.1	4.34698	8.99	0.000	30.54309 47.65691
101 2	62.96667	4.34698	14.49	0.000	54.40976 71.52358
101 3	34.01667	4.34698	7.83	0.000	25.45976 42.57358
101 4	41.11667	4.34698	9.46	0.000	32.55976 49.67358
102 1	45.81667	4.34698	10.54	0.000	37.25976 54.37358
102 2	40.6	4.34698	9.34	0.000	32.04309 49.15691
102 3	47.68333	4.34698	10.97	0.000	39.12642 56.24024
102 4	42.26667	4.34698	9.72	0.000	33.70976 50.82358
103 1	37.81667	4.34698	8.70	0.000	29.25976 46.37358
103 2	48.38333	4.34698	11.13	0.000	39.82642 56.94024
103 3	56.45	4.34698	12.99	0.000	47.89309 65.00691
103 4	47.03333	4.34698	10.82	0.000	38.47642 55.59024
104 1	53.85	4.34698	12.39	0.000	45.29309 62.40691
104 2	38.26667	4.34698	8.80	0.000	29.70976 46.82358
104 3	41.9	4.34698	9.64	0.000	33.34309 50.45691
104 4	35.76667	4.34698	8.23	0.000	27.20976 44.32358
105 1	33.08333	4.34698	7.61	0.000	24.52642 41.64024
105 2	44.68333	4.34698	10.28	0.000	36.12642 53.24024
105 3	51.65	4.34698	11.88	0.000	43.09309 60.20691
105 4	43.06667	4.34698	9.91	0.000	34.50976 51.62358

*Tabla 14: Efectos marginales de los microelementos al desarrollo radicular de Fedearroz 68*

*Fuente: Elaboración Propia*

## 8.7 Resultados Oryzica 1 Primer momento

Con respecto al porcentaje de germinación, los microelementos tuvieron un efecto en la planta de arroz en promedio entre 72,75% y 84,25%. Siendo el testigo el conjunto de planas que menos germinaron, así que, de una u otra manera, los elementos contribuyeron al proceso de germinación. Por su parte, el Zinc es el mineral que más contribuye a la germinación. Se destaca que durante los primeros 15 días del tratamiento, las plantas variaron bastante en su germinación, se comportaron de una manera heterogénea para los 4 microelementos. Con relación a la longitud de la raíz, los primeros 15 días exhiben un crecimiento superior en aquellas expuestas por el Cobre, ubicándose en promedio con una longitud de 3.64 cm, alcanzando un máximo de 6.5 cm. Se observa que esta variedad crece menos en relación con las otras dos variedades tomadas en este estudio, y se resalta

también el valor atípico del Manganeso, con un rango de 11 Cm, la planta que menos creció es de 1cm y la mayor longitud es de 12cm. Los factores del suelo tienen un efecto que se puede observar en la variación de la longitud de la raíz, es mínima para los microelementos, encontrándose una desviación estándar de 1.146 cm en aquellas que se les suministra Cobre, hasta 1.59 cm en las plantas evaluadas con Manganeso.

La asimetría presenta un comportamiento heterogéneo para los cuatro microelementos y también para el testigo, para la muestra de 60 plantas por elemento hay bastantes valores atípicos. Ocurre de manera similar con la Kurtosis, especialmente en el Manganeso.

Con relación al ancho de la raíz se observa que en promedio las plantas tratadas con Manganeso crecieron más que las demás. También se corrobora que estas plantas son las que presentaron mayor dispersión con respecto a su media, con una desviación estándar de 1.27 cm. A las plantas que se les suministró Cobre fueron las que menos dispersión tuvieron en el ancho de la raíz. Para profundizar en el análisis, véase anexo 5.

## **8.8 Resultados Oryzica 1, Cuarto momento**

Pasados los 30 días de tratamiento de las plantas, el comportamiento que se observó durante la primera evaluación cambia. Con relación a la longitud de la raíz, en promedio a las plantas que se les aplicó Magnesio crecieron más que las demás, ubicándose 0,77 cm por encima de aquellas con Zinc; 0,75 cm por encima de aquellas con Cobre; 1.5 cm por las de Manganeso y 0,95 cm por el Testigo. Igual se observan las demás medidas de dispersión para corroborar que las plantas a las que se les aplicó Zinc fueron las que mayor variabilidad presentaron en la longitud de la raíz.

Con relación al ancho de la raíz, los resultados cambian debido a que el Mg fue el que, en promedio, permitió mayor crecimiento. Obteniendo para el área total de la raíz de las plantas con Mg, un desarrollo radicular superior finalizados los 30 días. Para profundizar en el análisis, véase anexo 6.

Si bien las medidas de tendencia central y las medidas de dispersión muestran un resumen y organización de la información contenida en el conjunto de datos, del comportamiento de la raíz de la planta de arroz variedad Oryzica 1, no es suficiente para aseverar el

microelemento que más influye en el crecimiento y desarrollo radicular de la planta, Para ello se va a usar el análisis de Varianza, o ANOVA.

Para el Análisis de Varianza se debe formular una hipótesis: ¿Existe una diferencia en la longitud de la raíz y en el ancho de la raíz si utilizo un tratamiento -microelemento- diferente?

### 8.9 Desarrollo radicular Oryzica 1

Con esta variedad se encontró la significancia estadística al 5% de los microelementos por sí solos, Entonces se infiere que el Zn, Cu, Mg y Mn influyen de manera clara en el desarrollo radicular de la planta de arroz. Adicionalmente, la ubicación estratégica sigue siendo importante y la variable de interacción permite recoger tal efecto.

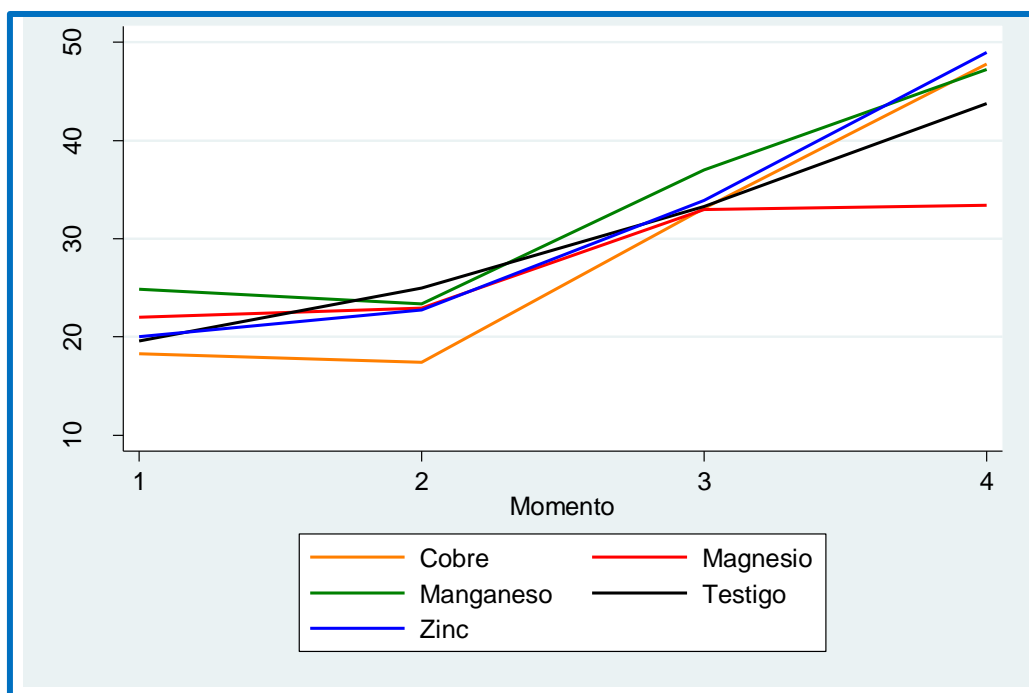
anova Desarrollo_Raíz Ndetratamiento Bloque Ndetratamiento# Bloque					
	Number of obs =	300	R-squared =	0.2469	
	Root MSE =	11.9979	Adj R-squared =	0.1958	
Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	13213.487	19	695.4467	4.83	0.0000
Ndetratam~o	4861.5717	4	1215.3929	8.44	0.0000
Bloque	1914.4406	3	638.14687	4.43	0.0046
Ndetratam~o#Bloque	6437.475	12	536.45625	3.73	0.0000
Residual	40305.6	280	143.94857		
Total	53519.087	299	178.9936		

*Tabla 15: ANOVA Oryzica 1*

*Fuente: Elaboración propia*

Los tratamientos realizados en las 2.000 semillas, repartidas estas en 400 para Zn, 400 para Cu, 400 para Mg, 400 para Mn y 400 para el testigo tienen efectos significativos en el desarrollo radicular, transcurridos 30 días. Ahora bien, para obtener el microelemento que más influye, se utilizan los efectos marginales. El mineral que causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de la variedad Oryzica 1 es el Magnesio (Mg), con 39,85cm<sup>2</sup> en 30 días. Le sigue el testigo con 32,23cm<sup>2</sup>.

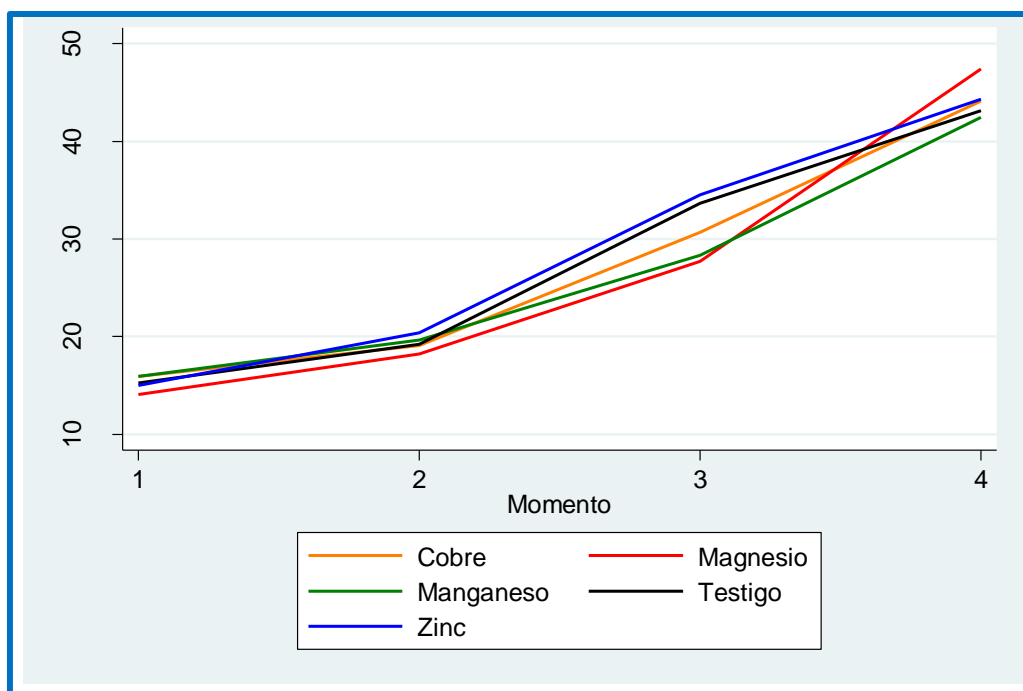




**Gráfico 9:** Tendencia del desarrollo radicular de Fedearroz 67 en el tiempo

**Fuente:** Elaboración Propia

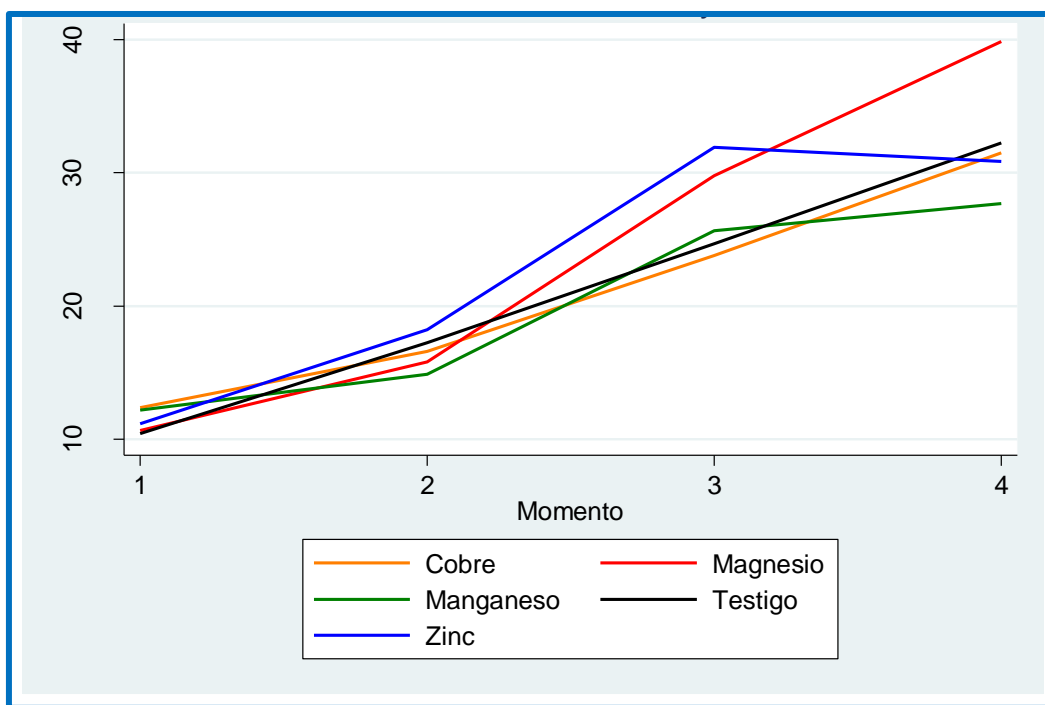
Para la variedad Fedearroz 68, en la gráfica X se presenta igualmente el punto de inflexión en el segundo momento, incluyendo también el testigo. La tendencia promedio de crecimiento fue más constante en el Magnesio, mientras que el Zinc tiende a oscilar entre momentos, esto a raíz de que presenta mayor dispersión en el primer y cuarto momento. Se reafirma lo encontrado en el análisis ANOVA, siendo el Zinc el elemento que más influye en el desarrollo de la raíz.



**Gráfico 10:** Tendencia del desarrollo radicular de Fedearroz 68 en el tiempo

**Fuente:** Elaboración propia

El desarrollo radicular de la variedad Oryzica 1 fue bajo frente a las demás variedades. En promedio crece entre 10 y 40 cm<sup>2</sup> durante las cuatro evaluaciones, mientras que las otras variedades crecen en promedio 14 a 50 cm<sup>2</sup>. En cuanto a la gráfica ésta muestra que el zinc corrobora la mayor germinación durante los primeros 14 días, pero tuvo una tendencia decreciente después de la tercera evaluación debido a que las plantas de arroz en la fase de macollamiento presentan un mayor requerimiento nutricional y el zinc presenta gran importancia en esta fase. “Como ocurre con el Mn y el Mg, el Zn es principalmente un activador de enzimas por su capacidad de formar uniones entre la enzima y el sustrato” (Mejía & Menjívar, 2010, p.327). A partir del segundo momento el Magnesio presenta una tendencia de crecimiento superior a sus semejanes, reafirmando su participación en la mayor longitud y ancho promedio de las plantas, al igual que el análisis ANOVA.



**Gráfico 11:** Tendencia del desarrollo radicular de *Oryzica 1* en el tiempo

*Fuente:* Elaboración propia

Para el arroz silvestre, (JIANG, SHI, & WU, 2009) obtuvieron como resultado la importancia del contenido K, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn y Se en el mayor crecimiento de la planta en las variedades *O. punctata*; *O. eichingeri* WR-2; *O. eichingeri* WR-3; *O. eichingeri* WR-4 y *O. eichingeri* WR-5. Para el arroz cultivable, (Wang *et al*, 2018) encontraron que el N, Mg y Zn son los elementos que más influyen en el crecimiento de las brácteas, hojas y vainas en la variedad japónica Huaidao 5. La presente investigación aportó con los resultados obtenidos, sobre los elementos menores que más influyen en las fases iniciales del cultivo de arroz *Oryza sativa L.*, variedades Fedearroz 67, Fedearroz 68 y *Oryzica 1* en el municipio de Piedras – Tolima.



## 9. CONCLUSIONES

1. La distribución de los tratamientos por bloques fue una estrategia óptima para observar el desarrollo radicular de las plantas de arroz, ya que se trató de no repetir los microelementos por fila ni por columna. Se trataron las semillas con las dosis correspondientes, la dosis utilizada de agua es de 22 lts/Ha.
2. Los resultados arrojaron que para las variedades Fedearroz 67 y Fedearroz 68 el efecto de los microelementos es muy similar, dista muy poco. Con una significancia del 5%, si cambio de microelemento, no hay diferencia estadísticamente significativa en la longitud de la raíz. Por tanto, los microelementos acá tratados, por sí solos no explican el crecimiento de la raíz. Esto se debe a lo enunciado por (Mejía & Menjívar , 2010) en relación con los 17 elementos esenciales para la nutrición mineral de la planta de arroz. Acá se toman cuatro de los 17, lo que explica la significancia de los elementos.
3. Para la variedad Oryzica 1, a diferencia de las otras dos variedades estudiadas, se encontró la significancia estadística al 5% de los microelementos por sí solos, entonces se infiere que el Zn, Cu, Mg y Mn influyen de manera clara en el desarrollo radicular de la planta de arroz.
4. El efecto de la variable que muestra la interacción entre los microelementos y los bloques es estadísticamente significativa para las tres variedades de *Oryza Sativa L.* Po que da por entendido que el hecho de que cada bloque cuente con características y nutrientes diferentes del suelo, influye en la asimilación óptima del microelemento por parte de la semilla, al momento de sembrarlas.
5. Para la variedad Fedearroz 67, la longitud y el ancho de la raíz de la planta de arroz crece en mayor medida por efecto del Manganeseo (N° de tratamiento 104). De los cuatro microelementos estudiados, el Manganeseo (Mn) causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de la variedad Fedearroz 67 con un valor máximo de 68,86cm<sup>2</sup>.

6. De los cuatro microelementos estudiados, el Zinc (Zn) causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de la variedad Fedearroz 68m, con un valor máximo de 62,966cm<sup>2</sup>.
7. El Elemento menor que causa un mejor desarrollo radicular en la planta de arroz de la variedad Oryzica 1 es el Magnesio (Mg), con un crecimiento máximo de 39,85cm<sup>2</sup>
8. Los resultados obtenidos en este estudio comprueban lo enunciado por (Mejía & Menjívar, 2010). El Mn y el Mg, el Zn son los principales activadores de enzimas por su capacidad de formar uniones entre la enzima y el sustrato.
9. A gráfica de Oryzica 1 muestra que el zinc corrobora la mayor germinación durante los primeros 14 días, pero tuvo una tendencia decreciente después de la tercera evaluación debido a que las plantas de arroz en la fase de macollamiento presentan un mayor requerimiento nutricional y el zinc presenta gran importancia en esta fase.

## 10. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que aparte de utilizar el análisis de suelo a la hora de realizar un proyecto similar se tenga en cuenta también un análisis químico del agua que se va a utilizar, para de esta manera obtener resultados más acertados de cada uno de los productos a evaluar. De igual manera verificar que exista una preparación adecuada del suelo para obtener un mejor desarrollo radicular de la planta de arroz (*Oryza sativa L*).
2. Continuar con las evaluaciones del estudio, desarrollo radicular de la planta de arroz (*Oryza sativa L*) hasta la etapa de recolección para de esta manera generar un resultado de todo el proceso de crecimiento.
3. Para futuros estudios en esta dimensión agronómica, se recomienda incluir la variable del suelo como una de las más importantes. La significancia de las propiedades del suelo en la fase inicial de crecimiento de la planta de arroz se comprobó para las tres variedades, y es posible que sea así para las demás. Por lo tanto, verificar la fertilidad del suelo es una herramienta clave para el diagnóstico agronómico.
4. Se observa con base en los resultados que el desarrollo radicular del arroz no es uniforme. Las fases de macollamiento son diferentes en cada momento y también en cada microelemento. Por tanto, se sugiere que dependiendo del microelemento que se estudie, examinar la dinámica de absorción de la planta. Hay microelementos que son absorbidos en mayor proporción durante la etapa de maduración que en la etapa de emergencia o la etapa de iniciación de la panícula.
5. Si bien hay estudios que determinan los microelementos más importantes para el desarrollo de la planta en diferentes variedades de arroz, especies cultivables y silvestres, para países asiáticos en su mayoría. En cambio, en los suelos de América Latina, que se distinguen por su variedad de climas, humedad, temperaturas y trópicos hay estudios limitados y se centran en el desarrollo foliar, o del grano. Pero en cuanto al desarrollo radicular, hay un vacío en el conocimiento. Se sugiere ahondar en investigaciones de ese tipo, y articular los resultados con la política pública sectorial.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Agronet . (16 de 07 de 2019). *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Agronet* . Obtenido de <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1#>
- Aguilar, A., Muñoz L., A., & Jimenez D., R. (2016). “*Bases de datos de cultivos de arroz en Colombia, Nicaragua y Perú con información en suelos, manejo de cultivo, clima y rendimiento*”. International Center For Tropical Agriculture .
- Aramendiz Tatis, H., Espitia Camacho, M., & Cardona Ayala, C. (Marzo de 2011). Adaptación del arroz riego (*Oryza sativa L.*) en el Caribe colombiano. *Acta Agronómica*, 60(1), 1-12. Obtenido de [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/21153/22317](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/21153/22317)
- Arroz. (s.f). *EcuRed*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Arroz#Taxonom.C3.ADa>
- Banco Agrícola de Venezuela . (17 de Abril de 2015). *Siembra fertilización y riego del cultivo de arroz*. (B. A. Venezuela, Productor) Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=CG4vpvcwAjl>
- Cantone, A. (7 de Septiembre de 2017). *la receta perfecta* . Obtenido de <http://larecetaperfectasena.blogspot.com/2017/09/blog-post.html>
- CEPAL. (2017). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2017-2018*. San José, Costa Rica: Hugo Chavarría. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42281/1/PerspAgricultura2017-2018\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42281/1/PerspAgricultura2017-2018_es.pdf)
- Chaudhary, R., Nanda, J., & Tran, D. (2003). *Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz*. Roma: FAO.
- Degiovanni B., V., Martínez R., C. P., & Motta O., F. (2010). *Producción Eco-Eficiente del arroz en América Latina. Tomo 1*. Cali, Colombia : CIAT.

- Diaz Granados, C., & Chaparro-Giraldo, A. (Diciembre de 2012). Métodos y usos agrícolas de la ingeniería genética aplicada al cultivo del arroz. *Rev. colomb. biotecnol.*, 14(2), 179-195. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/37419/40420>
- FAO. (s.f.). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y2778s/y2778s04.htm>
- Fedearroz. (s.f.). Obtenido de <http://www.fedearroz.com.co/new/agroquimicos2.php?id=Semilla>
- infoAgro.com. (s.f.). *InfoAgro.com*. Obtenido de [http://www.infoagro.com/abonos/microelementos\\_quelataados.htm](http://www.infoagro.com/abonos/microelementos_quelataados.htm)
- JIANG, S., SHI, C., & WU, J. (August de 2009). Studies on mineral nutrition and safety of wild rice (*Oryza L.*). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(S1), 139-147.
- Junguito, R., Perfetti, J. J., & Becerra, A. (2014). *DESARROLLO DE LA AGRICULTURA COLOMBIANA*. Fedesarrollo . Obtenido de [https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/151/CDF\\_No\\_48\\_Marzo\\_2014.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/151/CDF_No_48_Marzo_2014.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Kellogg, E. A. (Marzo de 2001). Evolutionary History of the Grasses. *Plant Physiology*, 125, 1198–1205. Obtenido de [www.plantphysiol.org](http://www.plantphysiol.org)
- Kellogg, E. A. (2009). The Evolutionary History of Ehrhartoideae, Oryzeae, and *Oryza*. *Rice*, 2, 1-14. doi:10.1007/s12284-009-9022-2
- Khush, G. S. (1997). Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. *Plant Molecular Biology*, 35, 25-34. doi:10.1023/A:100581061
- Mejía de Tafur , S., & Menjívar , J. C. (2010). Nutrición mineral del arroz. En V. Degiovanni B. , C. P. Martínez R., & F. Motta O. , *Producción Eco-Eficiente del arroz en América Latina* (págs. 306-335). Cali, Colombia : CIAT.
- Ministerio de Agricultura. (2016). *Anuario Estadístico del sector agropecuario*. Bogotá.

- Montealegre, R. (2008). *PLAN DE DESARROLLO MUNICIPIO DE PIEDRAS - TOLIMA*.  
Obtenido de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pd%20-%20plan%20de%20desarrollo%20-%20pedras%20-%20tolima%20-%202008%20-%202011.pdf>
- Moquete, C. (2010). *Guía Técnica El Cultivo de Arroz. Serie Cultivos No. 37*. Santo Domingo, República Dominicana: CEDAF.
- NOCHES PALLARES, A. J. (2019). *MODELO DE EVALUACIÓN DE UN CULTIVO DE ARROZ PARA DETERMINAR SU FACTIBILIDAD*. Monografía , FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, Bogotá D.C.
- Rodríguez, J. H. (1999). FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DELARROZ (Oryza Sativa). *XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso Nacional de Suelos*, (págs. 123-136).
- Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG). Dirección de ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). (2003). *Manual técnico para el cultivo de arroz (ORYZA SATIVA)*. Comayagua: Secretaria de agricultura y ganadería. Obtenido de <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf>
- Semillas del Huila s.a. (s.f.). *semillas del huila s.a. sembramos calidad* . Obtenido de <http://www.semillasdelhuila.com/productos/oryzica-1->
- Tang, L., Zou, X.-h., Achoundong, G., Potgieter, C., Second, G., Zhang, D.-y., & Ge, S. (2010). Phylogeny and biogeography of the rice tribe (Oryzaceae): Evidence from combined analysis of 20 chloroplast fragments. *Molecular Phylogenetics and Evolution*(54), 266-277. doi:10.1016/j.ympev.2009.08.007
- Tiempo, E. (2005). *EL ARROZ: LA PRINCIPAL ACTIVIDAD EN 211 MUNICIPIO*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1636288>
- Vaughan, D. A., Morishima, H., & Kadowaki, K. (2003). Diversity in the Oryza genus. *Current Opinion in Plant Biology*, 6, 139-146. doi:10.1016/S1369-5266(03)00009-8
- Wang, Z., Zhang, F., Xiao, F., Tao, Y., Liu, Z., Li, G., . . . Ding, Y. (2018). *Contribution of mineral nutrients from source to sink organs in rice under different nitrogen fertilization*. *Plant Growth Regulation* . doi:10.1007/s10725-018-0418-0

## 12. ANEXOS

### Anexo 1: Medidas de tendencia central y de dispersión para Fedearroz 67: Primer momento.

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.9275	4.746667	4.166667
min	.81	2	1.5
max	1	10	8
variance	.0051038	2.487955	1.980226
sd	.071441	1.577325	1.407205
cv	.0770253	.3323017	.3377292
se(mean)	.009223	.2036318	.1816694
range	.19	8	6.5
skewness	-.8566978	.7023063	.4557711
kurtosis	2.171218	3.718595	2.543157

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.9075	4.575	3.841667
min	.82	2	1.5
max	1	10	8.5
variance	.0056631	3.413771	2.190607
sd	.0752538	1.847639	1.48007
cv	.0829243	.4038556	.3852677
se(mean)	.0097152	.2385292	.1910762
range	.18	8	7
skewness	.0457963	.8130428	.7986887
kurtosis	1.212117	3.189359	3.68133

#### Zinc

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.9025	5.091667	4.3
min	.84	1.5	2
max	.98	8.5	10
variance	.0026631	2.165184	2.188136
sd	.0516056	1.471456	1.479235
cv	.0571807	.2889931	.3440081
se(mean)	.0066623	.1899642	.1909684
range	.14	7	8
skewness	.3924579	.2210237	1.354166
kurtosis	1.880811	2.570053	5.599561

#### Cobre

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.9125	5.4	4.433333
min	.83	1.5	1
max	1	10.5	7.5
variance	.0069343	2.69322	1.749718
sd	.0832726	1.641103	1.322769
cv	.0912576	.303908	.2983689
se(mean)	.0107504	.2118655	.1707687
range	.17	9	6.5
skewness	.0054945	.5616246	.1895298
kurtosis	1.007323	4.237979	2.955572

#### Magnesio

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.9225	4.65	4.023333
min	.73	2	1
max	1	9.5	7.5
variance	.0128326	2.782203	2.529277
sd	.1132812	1.667994	1.59037
cv	.122798	.3587083	.3952867
se(mean)	.0146245	.2153371	.2053159
range	.27	7.5	6.5
skewness	-1.084586	.8597476	.3096674
kurtosis	2.272291	3.473439	2.278111

#### Manganeso

Testigo

*Fuente: Autor*

**Anexo 2: Medidas de tendencia central y de dispersión para Fedearroz 67:  
Cuarto momento.**

stats	longit~m	Anchod~m
mean	7.958333	6.025
min	4.5	3
max	14	9.5
variance	4.12959	2.291737
sd	2.032139	1.513849
cv	.2553474	.2512612
se (mean)	.2623481	.195437
range	9.5	6.5
skewness	.7726097	.3398547
kurtosis	3.191489	2.501279

stats	longit~m	Anchod~m
mean	7.975	5.97
min	4.5	.7
max	15	9
variance	4.003602	2.301458
sd	2.0009	1.517056
cv	.2508966	.2541132
se (mean)	.2583151	.195851
range	10.5	8.3
skewness	.8579196	-.4554225
kurtosis	4.729488	4.102993

**Zinc**

stats	longit~m	Anchod~m
mean	7.941667	5.366667
min	4	3.5
max	16.5	10
variance	6.051624	1.675
sd	2.460005	1.294218
cv	.3097593	.2411586
se (mean)	.3175853	.1929306
range	12.5	6.5
skewness	.8035391	.9816428
kurtosis	4.053087	4.872481

**Cobre**

stats	longit~m	Anchod~m
mean	8.166667	5.658333
min	4.5	2.5
max	14	10
variance	4.259887	2.580438
sd	2.063949	1.606374
cv	.2527285	.2838953
se (mean)	.2664547	.207382
range	9.5	7.5
skewness	.4569524	.561074
kurtosis	2.820659	2.97575

**Magnesio**

stats	longit~m	Anchod~m
mean	7.508333	5.658333
min	4	3
max	11	9
variance	3.52959	1.563489
sd	1.87872	1.250395
cv	.250218	.220983
se (mean)	.2425418	.1614254
range	7	6
skewness	.1222255	.5208151
kurtosis	2.003944	3.180382

**Manganeso**

Testigo

*Fuente: Autor*



**Anexo 3: Medidas de tendencia central y de dispersión para Fedearroz 68: Primer momento.**

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.9	4.341667	3.275
min	.84	1	1
max	.96	12	5.5
variance	.0018305	3.758404	1.122246
sd	.0427844	1.93866	1.059361
cv	.0475383	.4465245	.323469
se (mean)	.0055234	.25028	.1367629
range	.12	11	4.5
skewness	-3.89e-15	1.697057	.3019421
kurtosis	2	7.141801	2.332728

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.8975	4.516667	3.475
min	.76	1	2
max	1	8	5.5
variance	.0079513	2.491243	.7408898
sd	.0891699	1.578367	.8607496
cv	.0993536	.349454	.2476977
se (mean)	.0115118	.2037663	.1111223
range	.24	7	3.5
skewness	-.5230159	.503801	.3793655
kurtosis	1.926514	2.950213	2.808451

**Zinc**

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.895	4.225	3.233333
min	.82	1	1.5
max	1	9	6
variance	.0045508	2.478178	.9276836
sd	.06746	1.574223	.9631633
cv	.0753743	.3725972	.2978856
se (mean)	.008709	.2032313	.1243439
range	.18	8	4.5
skewness	.5787402	.6506087	.7972006
kurtosis	1.931182	3.650274	3.611059

**Cobre**

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.9375	4.35	3.616667
min	.75	2	1
max	1	7.5	8
variance	.0119174	1.833051	1.723446
sd	.1091667	1.353902	1.312801
cv	.1164445	.3112419	.3629864
se (mean)	.0140934	.174788	.1694819
range	.25	5.5	7
skewness	-1.154701	.5225236	.9787923
kurtosis	2.333333	2.641917	4.563156

**Magnesio**

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.9275	4.225	3.558333
min	.84	2	2
max	1	7.5	6
variance	.0034258	1.935805	.8906073
sd	.0585307	1.391332	.94372
cv	.0631059	.3293094	.265214
se (mean)	.0075563	.1796202	.1218337
range	.16	5.5	4
skewness	-.3552927	.6510953	.9439535
kurtosis	1.905669	2.413102	3.694949

**Manganeso**

**Testigo**

**Anexo 4: Medidas de tendencia central y de dispersión para Fedearroz 68: Cuarto**

stats	longit~m	Anchod~m
mean	8.133333	5.333333
min	5	3
max	17	10
variance	4.60904	1.50565
sd	2.146867	1.227049
cv	.2639591	.2300717
se (mean)	.2771594	.1584114
range	12	7
skewness	1.328483	1.014837
kurtosis	6.198199	5.18848

stats	longit~m	Anchod~m
mean	7.758333	5.608333
min	4.5	3
max	12	8
variance	2.953319	1.492302
sd	1.718522	1.221598
cv	.2215066	.2178184
se (mean)	.2218603	.1577077
range	7.5	5
skewness	.6408715	.1540817
kurtosis	3.097426	2.41374

**Zinc**

stats	longit~m	Anchod~m
mean	8.408333	5.55
min	4	3
max	12.5	10
variance	3.563489	2.090678
sd	1.887721	1.445918
cv	.2245059	.2605257
se (mean)	.2437037	.1866672
range	8.5	7
skewness	.0806446	.5187112
kurtosis	2.555878	3.100223

**Cobre**

stats	longit~m	Anchod~m
mean	7.875	5.333333
min	5	3
max	11.5	8.5
variance	2.556144	1.412429
sd	1.598795	1.188457
cv	.2030215	.2228356
se (mean)	.2064035	.1534291
range	6.5	5.5
skewness	.3985642	.577282
kurtosis	2.614091	3.36408

**Magnesio**

stats	longit~m	Anchod~m
mean	7.758333	5.425
min	4.5	.5
max	13.5	10
variance	4.105862	2.015466
sd	2.026293	1.419671
cv	.2611763	.2616905
se (mean)	.2615932	.1832788
range	9	9.5
skewness	.7849975	.2787009
kurtosis	3.306535	5.75082

**Manganeso**

Testigo

*Fuente: Autor*

**Anexo 5: Medidas de tendencia central y de dispersión para Oryzica 1: Primer Momento**

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.8425	3.533333	3.058333
min	.67	2	1
max	.97	8	6.5
variance	.0125784	1.371751	1.009251
sd	.1121534	1.171218	1.004615
cv	.1331198	.3314768	.3284845
se (mean)	.0144789	.1512036	.1296952
range	.3	6	5.5
skewness	-.5219809	1.227742	.6480537
kurtosis	1.89667	5.879112	3.811672

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.76	3.641667	3.275
min	.6	1.5	2
max	1	6.5	6.5
variance	.0227797	1.314336	.8510593
sd	.1509293	1.146445	.9225288
cv	.1985912	.3148133	.2816882
se (mean)	.0194849	.1480054	.119098
range	.4	5	4.5
skewness	.6872432	.5331041	.7609013
kurtosis	2	2.935402	4.000643

**Zinc**

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.8225	3.266667	3.133333
min	.66	1	1
max	.98	7	8
variance	.0209682	1.588701	1.60904
sd	.1448041	1.260437	1.268479
cv	.1760536	.385848	.4048338
se (mean)	.0186941	.1627217	.16376
range	.32	6	7
skewness	-.0126343	.9976041	1.255174
kurtosis	1.059724	3.916735	5.242257

**Cobre**

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.73	3.583333	3.308333
min	.64	1	1
max	.82	12	8
variance	.0053898	2.526836	1.610946
sd	.0734155	1.589603	1.269231
cv	.1005691	.44361	.3836465
se (mean)	.0094779	.2052168	.163857
range	.18	11	7
skewness	9.37e-18	2.674231	1.000612
kurtosis	1.279103	14.64695	4.895337

**Magnesio**

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.7275	3.508333	2.841667
min	.68	1	1
max	.8	7	6
variance	.0026123	1.377048	1.122811
sd	.0511105	1.173477	1.059628
cv	.070255	.3344827	.3728895
se (mean)	.0065983	.1514952	.1367973
range	.12	6	5
skewness	.3420441	.2892232	.7338175
kurtosis	1.442219	3.359706	3.746637

**Manganeso**

Testigo  
Fuente: Autor

**Anexo 6: Medidas de tendencia central y de dispersión para Oryzica 1: Cuarto momento**

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.8425	3.533333	3.058333
min	.67	2	1
max	.97	8	6.5
variance	.0125784	1.371751	1.009251
sd	.1121534	1.171218	1.004615
cv	.1331198	.3314768	.3284845
se (mean)	.0144789	.1512036	.1296952
range	.3	6	5.5
skewness	-.5219809	1.227742	.6480537
kurtosis	1.89667	5.879112	3.811672

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.76	3.641667	3.275
min	.6	1.5	2
max	1	6.5	6.5
variance	.0227797	1.314336	.8510593
sd	.1509293	1.146445	.9225288
cv	.1985912	.3148133	.2816882
se (mean)	.0194849	.1480054	.119098
range	.4	5	4.5
skewness	.6872432	.5331041	.7609013
kurtosis	2	2.935402	4.000643

**Zinc**

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.8225	3.266667	3.133333
min	.66	1	1
max	.98	7	8
variance	.0209682	1.588701	1.60904
sd	.1448041	1.260437	1.268479
cv	.1760536	.385848	.4048338
se (mean)	.0186941	.1627217	.16376
range	.32	6	7
skewness	-.0126343	.9976041	1.255174
kurtosis	1.059724	3.916735	5.242257

**Cobre**

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.73	3.583333	3.308333
min	.64	1	1
max	.82	12	8
variance	.0053898	2.526836	1.610946
sd	.0734155	1.589603	1.269231
cv	.1005691	.44361	.3836465
se (mean)	.0094779	.2052168	.163857
range	.18	11	7
skewness	9.37e-18	2.674231	1.000612
kurtosis	1.279103	14.64695	4.895337

**Magnesio**

stats	degerm~n	longit~m	Anchod~m
mean	.7275	3.508333	2.841667
min	.68	1	1
max	.8	7	6
variance	.0026123	1.377048	1.122811
sd	.0511105	1.173477	1.059628
cv	.070255	.3344827	.3728895
se (mean)	.0065983	.1514952	.1367973
range	.12	6	5
skewness	.3420441	.2892232	.7338175
kurtosis	1.442219	3.359706	3.746637

**Manganeso**

Testigo

*Fuente: Autor*

## Anexo 7: Cronograma de actividades

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>JUNIO</b>				<b>JULIO</b>				<b>AGOSTO</b>					<b>SEPTIEMBRE</b>			
<b>N° de Semanas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Verificación y medición del terreno.</b>	■																
<b>Preparación y adecuación del área.</b>	■																
<b>Montaje del estudio.</b>	■																
<b>Conteo y aplicación de los elementos. Zn, Mg, Mn, Cu a la semilla.</b>		■															
<b>Siembra de la semilla de arroz, Fedearroz 67, 68 y Oryzica 1.</b>		■															
<b>Verificación del porcentaje de germinación</b>				■													
<b>Toma de muestras, en campo.</b>					■	■	■	■									
<b>Análisis y evaluación</b>					■	■	■	■									
<b>Verificación de resultados obtenidos.</b>									■	■	■	■					
<b>Avances</b>															■	■	■
<b>Primera entrega</b>															■		
<b>Correcciones</b>															■	■	■

**Anexo 8: Montaje del ensayo**



*Fuente: Autor*

## Anexo 9: Adecuación y riego



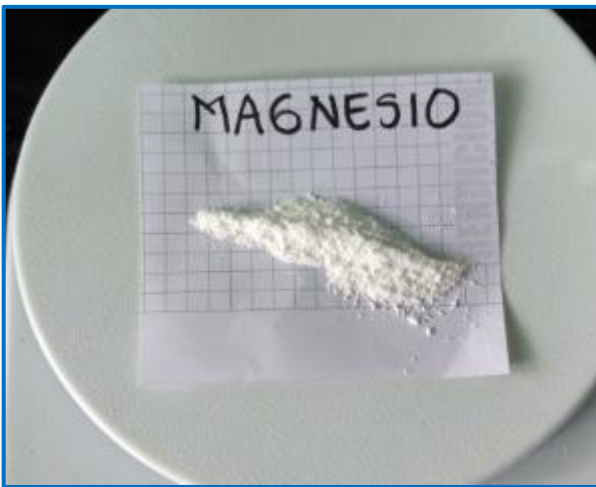
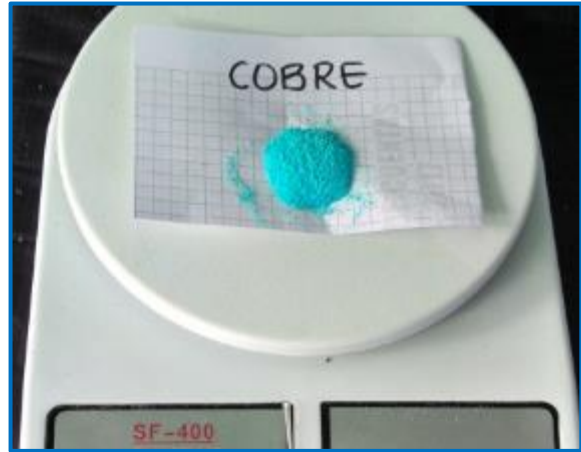
*Fuente: Autor*

## Anexo 10: Preparación de la semilla



*Fuente: Autor*





*Fuente: Autor*

Anexo 11: Siembra



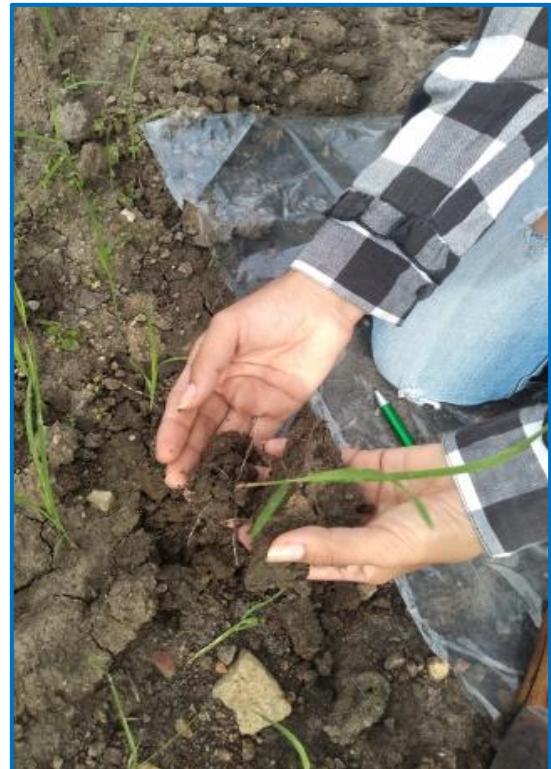
*Fuente: Autor*

Anexo 12: Germinación



Fuente: Autor

**Anexo 13: Procedimiento de la toma de muestras**



*Fuente: Autor*



*Fuente: Autor*

**Anexo 14: Primera Evaluación**

**Tratamiento de Cobre – Variedad Fedearroz 67**



**Tratamiento de Cobre – Variedad Fedearroz 68**



Tratamiento de Cobre – Variedad Oryzica 1



*Fuente: Autor*

**Anexo 15: Segunda evaluación**

**Tratamiento de Manganeso – Variedad Fedearroz 67**



**Tratamiento de Manganeso – Variedad Fedearroz 68**





## Tratamiento de Manganeso – Variedad Oryzica 1



*Fuente: Autor*

## Anexo 16: Tercera evaluación

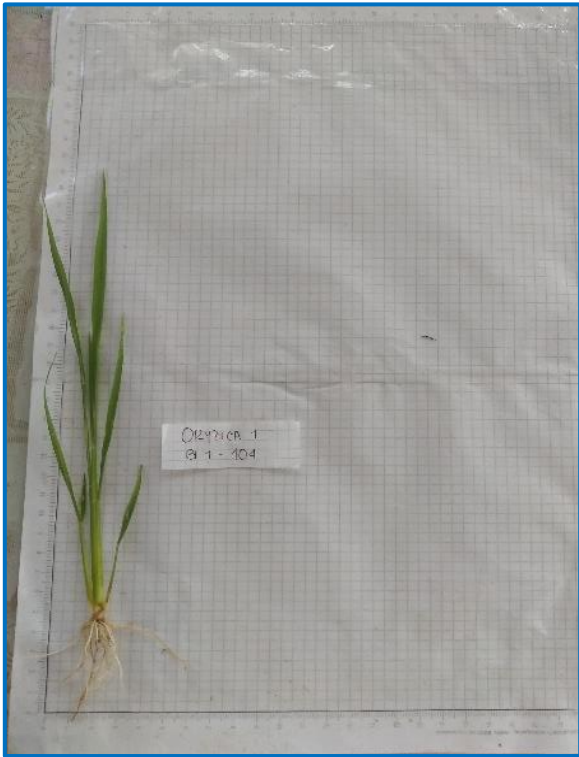
### Tratamiento de Magnesio – Variedad Fedearroz 67



### Tratamiento de Magnesio – Variedad Fedearroz 68



Tratamiento de Magnesio – Variedad Oryzica 1



*Fuente: Autor*

## Anexo 17: Cuarta evaluación

### Tratamiento de Zinc – Variedad Fedearroz 68



### Tratamiento de Zinc – Variedad Fedearroz 67



Tratamiento de Zinc – Variedad Oryzica 1



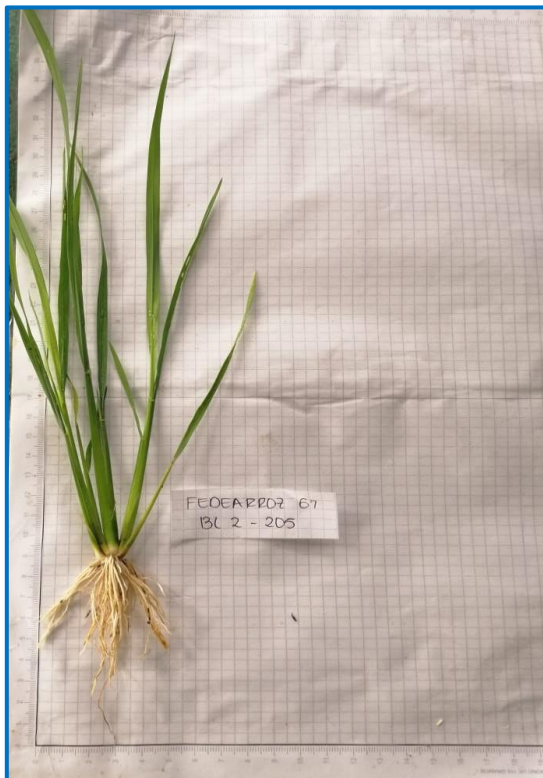
*Fuente: Autor*

**Anexo 18: Testigo absoluto**

Tratamiento –Testigo Absoluto –Oryzica 1



Tratamiento –Testigo Absoluto – Fedearroz 67



Tratamiento –Testigo Absoluto – Fedearroz 68



*Fuente: Autor*