



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC

**FACULTAD DE INGENIERÍAS, ARQUITECTURA Y CIENCIAS DE
LA NATURALEZA**

TÍTULO DEL TRABAJO:

ESTUDIO DE LA MOVILIDAD DE MACRONUTRIENTES DURANTE LAS
ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa L.*),
ZONA SAMBORONDON, 2024

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GESTIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS AGRÍCOLAS

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CARRERA:

INGENIERÍA AGRÓNOMA

TÍTULO A OBTENER:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR(A):

MILTON JACINTO RODRIGUEZ CALDERON

TUTOR:

PhD. HERNÁNDEZ ROSAS JOSÉ IBRAHIM

SAMBORONDÓN

2024

Agradecimientos

A Dios por darme fuerzas para poder seguir siempre adelante, guiarme y permitirme llegar al final de esta etapa. a mi familia, quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de este viaje. A mis abuelos, Franklin Calderón y Bélgica Morales que son mis padres y a mi madre Ofelia Calderón, por su amor, sacrificio y creencia constante en mí, incluso en los momentos más difíciles. A mi hermana, María José Rodríguez, por su aliento y compañía inigualables.

A mi pareja, por su paciencia, comprensión y apoyo inquebrantable durante todo este proceso. Cada logro y cada paso en este camino llevan consigo su amor y apoyo.

A mis amigos Lisseth, Dayana, Michelle, Odalis, Oscar, Jeremy, Jhalmar, Carlos, Fabrico, Yandry, Alejandro, por estar presente en este lindo proceso quienes han sido una fuente constante de apoyo y motivación durante la realización de esta tesis quienes de una u otra manera han contribuido a la culminación de este proyecto, gracias por su amistad sincera, por escucharme, por ofrecerme palabras de aliento y por estar siempre ahí para distraerme y hacerme reír cuando más lo necesitaba. Su compañía y comprensión han hecho que este proceso sea mucho más llevadero y enriquecedor. Cada conversación, cada gesto de ánimo y cada momento compartido han sido invaluable para mí.

Gracias a todos por ser mi fortaleza, por ser una parte esencial de este logro y motivarme a alcanzar mis metas.

Esta tesis es tanto de ustedes como mía.

Resumen

El presente estudio se llevó a cabo en el Cantón Samborondón y tuvo como objetivo analizar la movilidad de macronutrientes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) durante distintas etapas fenológicas. Este trabajo se centró en la absorción de nutrientes como un medio para optimizar la fertilización, en respuesta a los crecientes costos de fertilizantes y la disminución de nutrientes disponibles en los suelos agrícolas. Se seleccionó un área de 667 m² para el cultivo de la variedad Feron de arroz, con una distancia de plantación de 0.25 x 0.25 m, distribuidos en 20 parcelas experimentales. Las muestras de tejido vegetal se recolectaron a los 20, 60 y 120 días para evaluar los niveles de nutrientes absorbidos. Los resultados revelaron que la fertilización con una combinación de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) incrementó significativamente la altura de las plantas en comparación con el grupo control. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en otros parámetros, como el número de macollos y el peso de 1000 semillas. Estos hallazgos sugieren que, aunque la fertilización es esencial para el crecimiento en altura del arroz, su influencia en otros aspectos del rendimiento del cultivo podría ser menos notable. El estudio subraya la importancia de ajustar las prácticas de fertilización para mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes en sistemas agrícolas.

Palabras claves: Absorción, Arroz, curvas, fertilización, Feron, Nutriente.

Abstract

The study was conducted in Cantón Samborondón with the objective of analyzing the mobility of macronutrients in rice (*Oryza sativa L.*) during various phenological stages. The research focused on nutrient uptake as a strategy to optimize fertilization, addressing the rising costs of fertilizers and the declining availability of nutrients in agricultural soils. A 667 m² area was selected for cultivating the Feron rice variety, with a planting distance of 0.25 x 0.25 m, distributed across 20 experimental plots. Plant tissue samples were collected at 20, 60, and 120 days to assess nutrient absorption levels. The results indicated that fertilization with a combination of nitrogen, phosphorus, and potassium (NPK) significantly increased plant height compared to the control group. However, no significant differences were found in other parameters such as the number of tillers and the weight of 1000 seeds. These findings suggest that while fertilization is crucial for enhancing the vertical growth of rice, its impact on other performance metrics may be less pronounced. The study highlights the importance of refining fertilization practices to improve nutrient use efficiency in agricultural systems.

Key words: Absorption, Rice, Curves, Fertilization, Feron, Nutrients.



ANEXO No. 9

**PROCESO DE TITULACIÓN
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR**

Samborondón, 06 de agosto de 2024

Magíster

Erika Ascencio Jordán

Unidad Académica: Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza

Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación TITULADO: ESTUDIO DE LA MOVILIDAD DE MACRONUTRIENTES DURANTE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), ZONA SAMBORONDON, 2024., fue revisado, siendo su contenido original en su totalidad, así como el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la guía para su elaboración, por lo que se autoriza al estudiante RODRÍGUEZ CALDERÓN MILTON JACINTO, para que proceda con la presentación oral del mismo.

Atentamente,



**José Hernández Rosas, PhD.
Tutor(a)**



ANEXO No. 12

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR PARA LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CON INCORPORACIÓN DE LAS OBSERVACIONES DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Samborondón, 12 de agosto de 2024

Magíster

Erika Ascencio Jordán

Unidad Académica: Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza
Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación TITULADO: : ESTUDIO DE LA MOVILIDAD DE MACRONUTRIENTES DURANTE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), ZONA SAMBORONDON, 2024; fue revisado y se deja constancia que el estudiante acogió e incorporó todas las observaciones realizadas por los miembros del tribunal de sustentación por lo que se autoriza a: **RODRÍGUEZ CALDERÓN MILTON JACINTO**, para que proceda a la presentación del trabajo de titulación para la revisión de los miembros del tribunal de sustentación y posterior sustentación.

Atentamente,



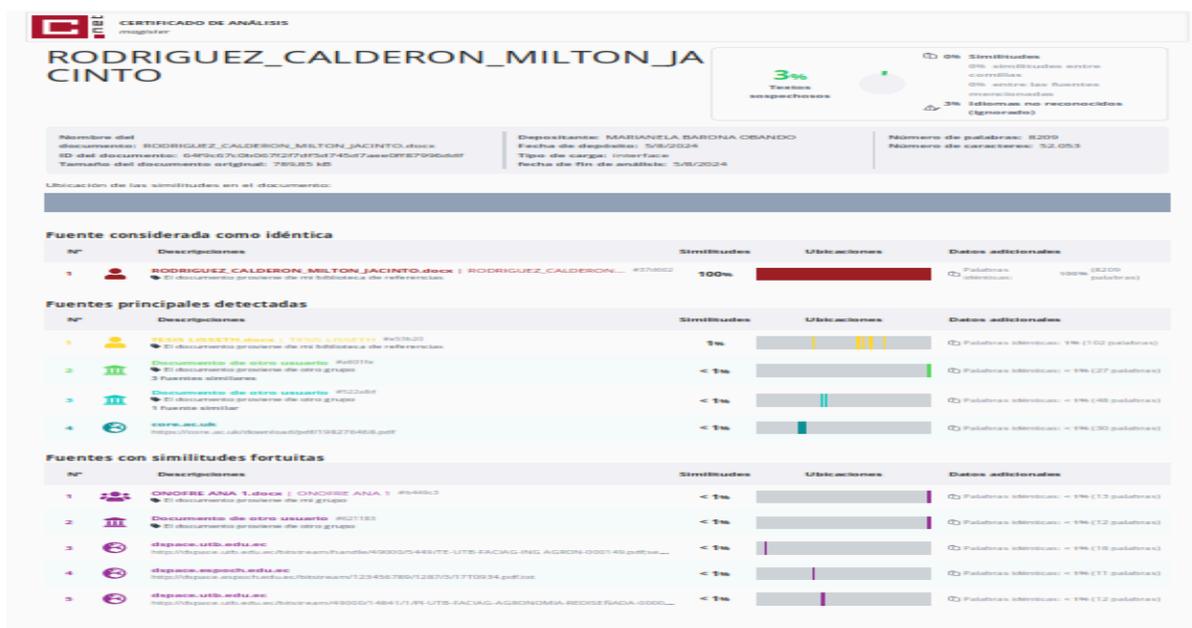
José Hernández Rosas, PhD.
Tutor(a)



ANEXO No. 10

PROCESO DE TITULACIÓN CERTIFICADO DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Habiendo sido revisado el trabajo de titulación TITULADO: ESTUDIO DE LA MOVILIDAD DE MACRONUTRIENTES DURANTE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), ZONA SAMBORONDON, 2024, elaborado por RODRÍGUEZ CALDERÓN MILTON JACINTO, fue remitido al sistema de coincidencias en todo su contenido el mismo que presentó un porcentaje del (3%) mismo que cumple con el valor aceptado para su presentación que es inferior o igual al 10% sobre el total de hojas del documento. Adicional se adjunta print de pantalla de dicho resultado.



Atentamente,



Creado electrónicamente por
**JOSE IBRAHIM
HERNANDEZ ROSAS**

José Hernández Rosas, PhD.
Tutor(a)

Contenido

Agradecimientos	2
Índice de figuras	9
Resumen	10
Abstract	11
1. Introducción	12
1.1 Antecedentes del problema	13
1.2 Planteamiento y formulación del problema	17
1.2.1. Planteamiento del problema	17
1.2.2. Formulación del problema	17
1.3 Justificación de la investigación	17
1.4 Objetivo general	17
1.5 Objetivos específicos	17
2. Marco teórico	18
2.1 Estado del arte	18
2.2 Bases teóricas	21
2.2.1. Origen del cultivo de arroz	21
2.2.2. Taxonomía	22
2.2.3. Morfología	22
2.2.4. Raíz	23
2.2.5. Macolla y macollamiento	23

	10
2.2.6. Floración	24
2.2.7. Maduración	24
2.3 Fases fenológicas	24
2.3.1. Fase vegetativa	24
2.3.2. Fase reproductiva	25
2.3.3. Fase de maduración	25
2.3.4. Cosecha	25
2.4 Manejo agronómico del cultivo	25
2.4.1. Requerimientos climáticos y edáficos	25
2.4.2. Temperatura y humedad	26
2.4.3. Precipitación y altitud	26
2.4.4. Luz	26
2.4.5. Suelo	27
2.4.6. Manejo nutricional del cultivo de arroz	27
2.5 Macronutrientes	27
2.5.1. Nitrógeno	27
2.5.2. Fosforo	28
2.5.3. Potasio	28
2.5.4. Azufre	29
2.6 Curvas de absorción	29
3. Materiales y métodos	30
3.1 Delimitación de la investigación	30

3.5.1. Espacio: Lugar donde se ejecutará el desarrollo del trabajo de titulación.	30
3.5.2. Tiempo: Período de tiempo que tomará el desarrollo del trabajo de titulación.	31
3.5.3. Población: Sujetos que serán encuestados y/o medidos. A quién va a ir dirigido el trabajo de titulación.	31
3.6. Enfoque de la investigación	32
3.6.1. Tipo de investigación	32
3.6.2. Diseño de investigación	32
3.7. Metodología	32
3.7.1. Variables	32
3.7.1.1. Variable independiente	32
3.7.1.2. Variable dependiente.	33
3.7.2. Hipótesis	33
3.7.3. Diseño experimental	33
3.7.4. Recursos	34
3.7.5. Métodos y técnicas	35
3.7.5.1. Diagrama de flujo de las actividades experimentales a realizar durante su trabajo de titulación	36
3.7.6. Análisis estadístico	36
3.8. Cronograma de actividades	37
4. Resultados	37
4.5. Estudio de forma cuantitativa y cualitativa la absorción de nutrientes en el suelo y planta.	37
4.6. Evaluar el contenido de nutrientes en cada etapa de desarrollo del cultivo a estudiar.	41

4.7. Proponer un plan nutricional para la variedad de arroz a estudiar en base a los resultados	44
5. Discusión	45
6. Conclusión	47
7. Recomendaciones	48
8. Referencias	50
9. Anexos	60

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de los tratamientos.	34
Tabla 2. Delimitación de experimento	35
Tabla 3. Recursos utilizados y costos de ensayo	36
Tabla 4. Esquema de análisis de varianza	38
Tabla 5. Efecto de la fertilización en las variables agronómicas de altura y macollos por planta, peso de 1000 semillas.	40
Tabla 6. Análisis de la varianza de altura de planta	41
Tabla 7. Prueba de rangos múltiples de Tukey al 0,05 del efecto de la fertilización sobre la altura de planta.	42
Tabla 8. Análisis de la varianza de macollos.	42
Tabla 9. Análisis de la varianza del peso de 1000 semillas	43
Tabla 10. Resultado de análisis foliar del contenido de nutrientes (%) previo a la aplicación de los tratamientos.	43
Tabla 11. Efecto de la fertilización en el porcentaje de la acumulación de nutrientes en la etapa vegetativa de macollamiento	44
Tabla 12. Efecto de la fertilización en el porcentaje de acumulación de nutrientes en la etapa reproductiva (floración) del cultivo de arroz.	45
Tabla 13. Plan nutricional para el cultivo de arroz.	46
Tabla 14. Estadística descriptiva de la acumulación de Nitrógeno en la planta de arroz	70
Tabla 15. Estadística descriptiva de la acumulación de fosforo en la planta de arroz	70
Tabla 16. Estadística descriptiva de la acumulación de potasio en la planta de arroz	71
Tabla 17. Estadística descriptiva de la acumulación de calcio en la planta de arroz	71

Tabla 18. Estadística descriptiva de la acumulación de magnesio en la planta de arroz

72

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del ensayo	34
Figura 2. Diagrama de flujo de actividades	39
Figura 3. Cronograma de actividades del proyecto de investigación	40
Figura 4. Porcentaje de nitrógeno acumulado en el follaje en el arroz	64
Figura 5. Porcentaje de potasio acumulado en el follaje de la planta de arroz	64
Figura 6. Porcentaje de fosforo acumulado en el follaje del cultivo de arroz	65
Figura 7. Porcentaje de calcio acumulado en el follaje del cultivo de arroz	65
Figura 8. Informe de análisis de suelo antes de trasplante en el cultivo de arroz	66
Figura 9. Reporte de análisis foliares en el cultivo de arroz	67
Figura 10. Reporte de análisis foliares en el cultivo de arroz	67
Figura 11. Reporte de análisis foliares en el cultivo de arroz	67
Figura 12. Reporte de análisis foliares en el cultivo de arroz	68
Figura 13. Reporte de análisis foliares en el cultivo de arroz	68
Figura 14. Reporte de análisis de suelo después de la cosecha en el cultivo de arroz	69
Figura 15. Reporte de análisis de suelo después de la cosecha en el cultivo de arroz	70

1. Introducción

El arroz (*Oryza sativa* y *Oryza glaberrima*) es un cultivo de gran importancia en Samborondón, Ecuador debido a su aporte socioeconómico y a su papel como alimento básico por su contenido proteico y su consumo habitual (Cedeño, 2020). Aunque puede crecer en diversos tipos de suelo, las condiciones óptimas para una buena cosecha incluyen: pH de 6.0 a 7.0, contenido de materia orgánica superior al 5%, alta capacidad de intercambio catiónico, contenido de arcilla superior al 40%, terreno llano, capa cultivable de más de 25 cm de profundidad y buen drenaje superficial (INIAP, 2007).

El arroz es un cultivo adaptable a terrenos inundados y se encuentra entre los cuatro cereales más producidos a nivel mundial, nutriendo a alrededor de tres mil millones de personas. Además, genera empleo para una gran parte de la población rural mundial (Lira, 2004; Miranda, 2020). En Ecuador, el arroz es uno de los cultivos más relevantes, tanto social como productivamente, ya que representa la principal fuente de ingresos para los agricultores y constituye la base de la alimentación de la población ecuatoriana (Brito y Chica, 2013).

La actividad arrocera es crucial en el sector agrícola. La necesidad de lograr altos rendimientos sin aumentar excesivamente los costos de producción ha impulsado la investigación en prácticas culturales del cultivo, utilizando insumos y tecnologías modernas, con la fertilización como uno de los componentes más importantes (Molina y Rodríguez, 2012). La mayor parte del área de cultivo pertenece a pequeños productores, y las Provincias de Guayas y Los Ríos son las principales productoras de arroz de calidad. Es imperativo innovar con técnicas y variedades más

eficientes para enfrentar las condiciones actuales del mercado y la competencia internacional.

1.1 Antecedentes del problema

Barcos (2019) menciona que las principales formas de N absorbido por las plantas son el amonio (NH_4) y el nitrato (NO_3). La mayoría del NH_4 absorbido se incorpora a los compuestos orgánicos, mientras que el NO_3 es más móvil en el xilema y también se almacena en las vacuolas de diferentes partes de la planta. El NO_3 también contribuye a mantener el balance entre aniones y cationes, y a la osmorregulación. Para cumplir sus funciones esenciales como nutriente, el NO_3 debe reducirse a NH_4 mediante la acción de las enzimas nitrato reductasa y nitrito reductasa.

El efecto del pH y la conductividad eléctrica (CE) en la absorción de nitrógeno y encontraron que el rendimiento del grano de arroz y el peso de los brotes disminuyeron significativamente con el aumento del pH y la CE del suelo, mientras que aumentaron significativamente con la aplicación de nitrógeno ($p < 0,001$). Sin embargo, con una CE y/o un pH elevados, el rendimiento no mostró un incremento significativo con el aumento de N. Tanto un pH como una CE altos en el suelo influyeron significativamente en el contenido y absorción de nutrientes minerales de los brotes de arroz ($p < 0,05$).

La importancia de la absorción de nutrientes en el cultivo de arroz radica en identificar los períodos de máxima absorción y las cantidades necesarias para optimizar los planes de fertilización, lo que a su vez aumenta los rendimientos. Esto permite establecer la dinámica de absorción de nutrientes (Méndez & Soto, 2017),

siendo crucial para los productores involucrados en la planificación y el desarrollo agrícola de la zona.

Barahona-Amores et al. (2019) mencionan que el cultivo de arroz presenta una alta demanda de macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, especialmente en la época seca o cuando se cultiva bajo riego.

La absorción y acumulación de nitrógeno aumentan hasta la etapa máxima de macollamiento, luego disminuyen durante la floración o embuchamiento, se incrementan nueva y finalmente decrecen en la maduración del grano de arroz (Barahona-Amores et al., 2019).

Sun et al. (2020) investigaron la relación entre el rendimiento de grano y la absorción de nutrientes del arroz de una sola temporada en China, utilizando el modelo QUEFTS, con 886 muestras recolectadas entre 2000 y 2013. Encontraron que el rendimiento de grano y la acumulación de nutrientes variaron para las variedades modernas de arroz de alto rendimiento.

En el estudio de Nashrurrokhman et al. (2019) sobre la extracción de macroelementos absorbidos por el grano de arroz, se determinaron las composiciones de macronutrientes y minerales de cinco cultivares de arroz negro. Se midieron el contenido de carbohidratos, proteínas y lípidos totales, así como los niveles de minerales Ca, Fe y Zn en el arroz integral, el arroz refinado y el salvado de arroz. Los resultados mostraron que los contenidos de carbohidratos, proteínas y lípidos en los cinco cultivares variaron en el rango de 61,80 % - 65,58 %, 7,13 % - 9,10 % y 1,98 % - 3,23 %, respectivamente.

Yao et al. (2018) determinaron que la acumulación de materia seca y nitrógeno en arroz, clasificado como temprano, intermedio y tardío, puede preverse en función de la fecha de siembra y los períodos de crecimiento y maduración. El período de crecimiento para el arroz temprano es de 90 a 120 días, para el arroz intermedio es de 120 a 150 días y para el arroz tardío es de 150 a 170 días. Todos los tipos muestran una curva en forma de "S", aunque los valores específicos varían. La duración del proceso de acumulación de materia seca y nitrógeno es más prolongada en el arroz intermedio y tardío en comparación con el arroz temprano.

Jiang et al. (2004) indican que la mayoría de los modelos de absorción de nutrientes en cultivos se fundamentan en enfoques mecanicistas y se desarrollan desde una perspectiva teórica. Solo un reducido número de investigaciones realiza un seguimiento preciso de la acumulación de nitrógeno en condiciones de campo durante todo el ciclo de crecimiento del trigo, basándose en un muestreo de alta densidad.

González-Molina et al. (2022) llevaron a cabo un estudio sobre la absorción de nutrientes en Colombia, evaluando diferentes variedades. Encontraron que la variedad con una acumulación de 1190,4 μg de Hg kg^{-1} en biomasa seca mostró una mayor absorción de mercurio (Hg) en comparación con la variedad F-2000. Este hallazgo sugiere que la absorción de Hg afecta la disponibilidad de macronutrientes y, en consecuencia, el desarrollo óptimo de la planta.

Villeda R. (2022) reporta un incremento del 15% en la eficiencia del uso de lixiviados debido a la aplicación de ácidos orgánicos, modificaciones en los arreglos de siembra, manejo eficiente del agua y control mecánico de malezas. Este enfoque

también resultó en un aumento del 18% en la absorción de nitrógeno en comparación con el control. Liu et al. (2023) investigaron la acumulación de nitrógeno en arroz trasplantado bajo distintas proporciones de distribución de nutrientes y desarrollaron un modelo preciso para esta acumulación, identificando el método de fertilización más adecuado basado en la ley de acumulación de nutrientes.

(Satriawan et al., 2022) evaluaron el crecimiento y rendimiento de variedades de arroz de secano bajo diferentes niveles de sombra y concentraciones de fertilizantes. Los resultados indicaron que los tratamientos de sombra impactaron significativamente el número de panículas, el peso del grano y el peso del heno seco. En particular, los niveles de 0% y 30% de sombra mostraron los resultados más altos sin diferencias significativas entre ellos, mientras que el 60% de sombra presentó los resultados más bajos. Además, se identificó que las variedades de arroz influyeron de manera determinante en el número de macollos: Malaysian upland, Ciherang, Situ Bagendit y Kabir tuvieron promedios de $798,33 \pm 7,76$; $792,71 \pm 9,4$; $764,38 \pm 8,75$; y $738,33 \pm 14,84$, respectivamente, además del número de panículas.

Liu et al. (2023) observaron que la cantidad de fertilización incrementó la acumulación de nitrógeno en los brotes de arroz. No obstante, la proporción de nitrógeno destinado al grano disminuyó con el aumento en la cantidad de nitrógeno aplicado. La fertilización con nitrógeno condujo a una mayor proporción de este nutriente asignado a la paja del arroz, resultando en una reducción del índice de cosecha de nitrógeno.

Con este estudio se determinará el porcentaje de absorción de macronutrientes por la planta y se identificará la etapa fenológica con mayor demanda de nutrientes.

Con esta información, se podrá desarrollar un plan nutricional optimizado para el cultivo de arroz.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1. Planteamiento del problema

La carencia de planificar una aplicación precisa de nutrientes, considerando su movilidad e importancia en relación con la morfología de la planta.

1.2.2. Formulación del problema

¿Cómo afecta la falta de planificación en la aplicación de nutrientes, considerando su movilidad y relación con la morfología del cultivo de arroz, al rendimiento y calidad del cultivo en la zona de Samborondón?

1.3 Justificación de la investigación

Esta investigación permitirá determinar la distribución y movilidad de los macronutrientes durante las diferentes etapas fenológicas, facilitando así recomendaciones precisas a los agricultores de la zona de Samborondón para una planificación y aplicación óptima de fertilizantes durante el desarrollo vegetativo de la variedad estudiada.

1.4 Objetivo general

Estudio de la movilidad de macronutrientes durante las etapas fenológicas del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*), zona Samborondón, 2024.

1.5 Objetivos específicos

- Estudio de forma cuantitativa y cualitativa de la absorción de nutrientes en el suelo y planta.

- Evaluar el contenido de nutrientes en cada etapa de desarrollo del cultivo a estudiar.
- Proponer un plan nutricional para la variedad de arroz a estudiar en base a los resultados.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

En la fertilización del cultivo de arroz, se emplean macronutrientes como el fósforo (P), el potasio (K) y el nitrógeno (N). Dado que el P y el K son elementos de baja movilidad en el suelo, se aplican como fertilización de base. Por otro lado, el N se administra en tres aplicaciones sucesivas para optimizar su eficacia. Esta estrategia asegura un aprovechamiento más eficiente de este nutriente (Barahona-Amores et al., 2019; Cedeño Hurtado, 2020; Cedeño et al., 2018; Molina & Rodríguez, 2012; Pulamarin Churuchumbi, 2022)

Vargas (2002) reporta que la demanda de nitrógeno es máxima en dos fases críticas: durante el macollamiento y al inicio de la formación. Este hallazgo coincide con el presente estudio, que identifica las semanas correspondientes al macollamiento y a la floración como los períodos de mayor exigencia de nitrógeno.

Molina y Rodríguez (2012) informan que, en su investigación sobre curvas de absorción, obtuvieron una respuesta significativa en el rendimiento al aplicar N, P, K y S. El tratamiento con 120 kg/ha de N, 40 kg/ha de P₂O₅, 50 kg/ha de K₂O y 20 kg/ha de S produjo el rendimiento más alto de arroz en granza, en un suelo con niveles adecuados de P y K, pero deficiente en S.

Mc culloch A. & Bernal C. (2012) recomiendan implementar un programa de fertilización para satisfacer los requerimientos de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) de la variedad Venezuela 21 por tonelada de grano. Según los fertilizantes disponibles en la finca Hierba Buena, se deben aplicar 77 kg de 12-30-10, 72 kg de 46-0-0 y 144 kg de 0-0-60.

La fertilización en el cultivo de arroz constituye una limitante significativa para la producción de esta gramínea. Por lo tanto, se han llevado a cabo numerosas investigaciones para determinar los niveles óptimos de nutrientes para cada variedad de arroz. La gestión de nutrientes debe ajustarse a las características específicas del suelo y a la variedad de arroz cultivada (Barrera Cruz, 2020; Bayona-Penagos, 2020; Vergara Monserrate, 2019; Zurita Barros, 2021; Marín et al., 2022).

El nitrógeno también desempeña un papel en las respuestas a las heridas en las plantas, debido a su componente esencial en las proteínas y enzimas de defensa, así como en los metabolitos de defensa que contienen nitrógeno. Aunque numerosos estudios han demostrado la participación de la señalización de ácido jasmónico (JA) en la regulación del uso de nitrógeno en respuesta a la herbivoría.

Las curvas de absorción son una herramienta diagnóstica complementaria al análisis foliar, ya que permiten optimizar los programas de fertilización al detallar la cantidad de nutrientes en kg/ha absorbidos por un cultivo para alcanzar un rendimiento específico en un periodo determinado (Castilla Lozano & Tirado Ospina, 2019; Gregorio Castro, 2022).

La cantidad consumida, absorbida o requerida por una planta se determina mediante la combinación del peso seco de los tejidos con las concentraciones de nutrientes totales presentes en dichos tejidos (Barahona-Amores et al., 2019; Heros Aguilar et al., 2023; Luzcando Baque, 2021).

Investigaciones realizadas por (Mc culloch A. & Bernal C., 2012), Azevedo et al. (2004), Arias Granda (2017), Barahona-Amores et al. (2019), Lorenty Ruíz (2021) indican que la absorción de macronutrientes en el cultivo de arroz varía según las etapas fenológicas, la variedad del cultivo y la época de siembra. Además, estos estudios señalan que las etapas de mayor limitación de nitrógeno (N) y fósforo (P) ocurren durante el macollamiento, disminuyendo en la etapa de madurez. En contraste, la demanda de potasio (K) se incrementa significativamente durante la madurez fisiológica del cultivo.

Barzan et al. (2023), Heros et al. (2023), Torres Córdova (2023), Villarreal Barrera (2017) reportan que el nitrógeno se asimila predominantemente en las primeras etapas de desarrollo del cultivo, acumulándose durante la floración y disminuyendo durante la maduración. Por otro lado, el potasio se acumula y se manifiesta principalmente durante el llenado del grano.

Menendez Ganchozo (2020) indican que la mayor absorción de micronutrientes ocurre entre la etapa de Inicio de Floración (IPF) y la de Inicio de Fruto (IF), mientras que la mayor ganancia de materia seca (MS) se observa entre la etapa de Pre-FloreCIMIENTO (PM) y la de Inicio de Fruto (IF). El potasio (K), dentro de los

macronutrientes, y el manganeso (Mn), dentro de los micronutrientes, fueron los nutrientes con mayor absorción a lo largo de las diferentes etapas fenológicas.

En el estudio de Florida Rofner et al. (2022) sobre las propiedades químicas del suelo, se determinó que la textura y composición del suelo afectan significativamente el inicio del proceso productivo. Estas variables provocan una reducción en los niveles de pH, materia orgánica (MO), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K⁺), calcio (Ca²⁺) y magnesio (Mg²⁺), mientras que incrementan los niveles de aluminio (Al), acidez (AC) y salinidad (SAL). A lo largo del tiempo, se observa una recuperación de estos parámetros, excepto en MO y N, que permanecen en niveles muy bajos.

En el experimento de extracción de nutrientes realizado por Villarreal Barrera (2017), el orden promedio de extracción de nutrientes fue el siguiente: K > N > Ca > P > Mg > Mn > Fe > Zn > Cu. La etapa fenológica de máxima extracción para la mayoría de los nutrientes correspondió al embuchamiento. La mayor proporción relativa de cada nutriente se encuentra en el tallo, salvo el Fe, que presenta un 78 % de su total en la raíz. Por otro lado, el fósforo (P) muestra la mayor concentración relativa en la espiga, con un 36 % del total.

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Origen del cultivo de arroz

El cultivo del arroz (*Oryza sativa L.*) se originó hace más de 10,000 años en diversas regiones tropicales y subtropicales de Asia. La región de Orissa en India destaca como el área con mayor diversidad genética de arroz en el mundo (Acevedo et al., 2006; Muñoz Montoya, 2021).

El cultivo de arroz, originario de Asia, se ha adaptado a las condiciones edafoclimáticas de los trópicos y subtropicales en América. Actualmente, se cultivan aproximadamente 400,000 hectáreas en esta región (Muñoz Montoya, 2021; Pérez-Almeida et al., 2019).

Las provincias con mayor producción de arroz en 2020 fueron Guayas, Los Ríos, Loja y El Oro. Sin embargo, el 89% de la producción total se concentró en Guayas (66%) y Los Ríos (23%), mientras que el restante 11% se distribuyó entre el resto del país (Calero Hurtado et al., 2020; *CFN*, 2022).

2.2.2. Taxonomía

El arroz es una gramínea anual con tallos redondeados y huecos, que presentan nudos y entrenudos. Sus hojas son planas y se adhieren al tallo mediante una vaina, mientras que la inflorescencia se desarrolla en una panícula (Galindo Gil, 2020). El cultivo del arroz se clasifica en (Arias Granda, 2017; Galindo Gil, 2020; Valladares, 2010):

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Ehrhartoideae

Tribu: Oryzeae

Género: *Oryza*

Especie: *Oryza sativa* L.

2.2.3. Morfología

Las características morfológicas de las plantas permiten determinar fenotípicamente los diversos estados de crecimiento y desarrollo del cultivo de arroz. Además, facilitan la implementación de prácticas agronómicas adecuadas, tales como la fertilización, el manejo de malezas, la regulación de la altura del agua, entre otras. Asimismo, posibilitan la descripción precisa de una variedad en desarrollo, independientemente de los objetivos científicos, técnicos o comerciales (Acevedo et al., 2006; Perez-Somarriba & Hernandez-Fernandez, 2022).

2.2.4. Raíz

La planta de arroz presenta un sistema radical compuesto por dos tipos de raíces: raíces de la corona y raíces de los nudos (Galindo Gil, 2020; Olmos, 2006). Ambos tipos de raíces emergen de los nudos, con las raíces de la corona desarrollándose a partir de los nudos situados bajo la superficie del suelo (Olmos, 2006). Las raíces originadas en los nudos superiores se manifiestan bajo condiciones específicas (Menendez Ganchozo, 2020).

La corona presenta dos tipos de raíces: las raíces superficiales laterales (ageotrópicas) y las raíces principales. Estas raíces sólo alcanzan una profundidad de aproximadamente 40 cm debido a la insuficiente difusión de oxígeno desde el aerénquima hacia las raíces en desarrollo (Olmos, 2006).

2.2.5. Macolla y macollamiento

La plántula de arroz produce macollos durante su fase de crecimiento vegetativo, y este proceso concluye al inicio de la fase reproductiva. El número de macollos generados está influenciado por la variedad del arroz y la densidad de siembra (Barrera Cruz, 2020; Chávez Vergara et al., 2020; Olmos, 2006; Velázquez et al., 2015).

La etapa de macollamiento comienza cuando la planta presenta cinco hojas y se desarrolla aproximadamente entre 15 a 20 días después de la emergencia, ubicándose entre el tallo principal y la segunda hoja contada desde la base (Olmos, 2006; Velázquez et al., 2015).

Los macollos que emergen desde el tallo principal se denominan macollos primarios. Estas generan macollos secundarios, las cuales a su vez producen macollos terciarios. Los macollos terciarios permanecen adheridas a la planta y tienen la capacidad de desarrollar raíces de forma independiente (Barrera Cruz, 2020; Chávez Vergara et al., 2020; Olmos, 2006; Paredes C. et al., 2021).

2.2.6. Floración

La etapa reproductiva comienza al finalizar el macollamiento e iniciar la emergencia de la hoja bandera. En esta fase, se observa el engrosamiento del tallo debido al crecimiento interno de la panícula, seguido por la formación de la espiga (Barrera Cruz, 2020; Chávez Vergara et al., 2020; Olmos, 2006).

2.2.7. Maduración

El periodo de maduración del grano varía entre 15 y 40 días, dependiendo de la temperatura. Este proceso inicia después de la fertilización del ovario y el crecimiento del grano de arroz (Baquero Lagos & Barbosa Mora, 2019; Jiménez Madrir, 2016;

Olmos, 2006). Durante esta fase, el grano aumenta en tamaño y peso, mientras que almidón y azúcares se transfieren desde las vainas, la hoja bandera y los vástagos, donde fueron acumulados durante la fase vegetativa (Olmos, 2006).

2.3 Fases fenológicas

2.3.1. Fase vegetativa

El cultivo de arroz, al igual que la producción de semilla, presenta tres fases de desarrollo, entre las cuales destaca el período de crecimiento, caracterizado por la diferenciación de la planta y la duración específica de cada una de estas fases (Caballero Ibarra, 2021).

La fase vegetativa, que generalmente dura entre 55 y 60 días en variedades de ciclo intermedio, abarca desde la germinación de la semilla hasta la diferenciación del primordio floral, incluyendo los procesos de emergencia y macollamiento (Caballero Ibarra, 2021; Carbo Aguirre, 2019).

2.3.2. Fase reproductiva

La fase reproductiva comienza al finalizar la etapa de macollos, con la aparición de la hoja bandera, el engrosamiento del tallo debido al crecimiento interno de la panoja, y la emergencia de la panoja. Esta etapa inicia entre 20 y 25 días después de la diferenciación del primordio floral, culminando en la floración (Olmos, 2006).

2.3.3. Fase de maduración

La fase de madurez abarca desde la emergencia de la panícula (floración) hasta la cosecha, e incluye el llenado y desarrollo del grano. Esta etapa tiene una duración de 30 a 40 días (Valero Jara, 2015).

2.3.4. Cosecha

La cosecha de arroz se realiza cuando el cultivo alcanza la madurez fisiológica y completa el llenado del grano (Méndez & Soto, 2017; Olmos, 2006).

2.4 Manejo agronómico del cultivo

2.4.1. Requerimientos climáticos y edáficos

Los requerimientos edafoclimáticos son aquellos que están relacionados con los siguientes parámetros:

2.4.2. Temperatura y humedad

La temperatura es un factor climático crítico para el cultivo de arroz. Los rangos óptimos de temperatura oscilan entre 32 y 35°C (Garcés & Medina, 2018). Temperaturas inferiores a 20°C o superiores a 32°C pueden afectar negativamente el desarrollo normal del cultivo (Buelvas, 2021).

Según González et al. (2004), la humedad relativa superior al 80 % provoca el vaneo del grano de arroz. Por lo tanto, esta variable climática es crucial para el rendimiento del cultivo de arroz (Del Valle Moreno et al., 2022).

2.4.3. Precipitación y altitud

El arroz se cultiva predominantemente en la región costera, especialmente en las provincias de Guayas y Los Ríos. Las áreas productoras de arroz en el país presentan una variabilidad considerable en los factores climáticos, que abarcan desde zonas de trópico húmedo hasta trópico seco, con temperaturas que oscilan entre 20°C y 30°C. Las precipitaciones anuales fluctúan entre 500 mm y 2500 mm, y la humedad relativa suele ser alta (Buelvas, 2021).

2.4.4. Luz

Las demandas de radiación solar para el cultivo de arroz varían según las etapas de desarrollo. La insuficiencia de horas de luz durante el llenado del grano reduce significativamente la productividad (Menendez Ganchozo, 2020; Mota Delgado, 2016).

La radiación de 300 cal/cm² por día durante el periodo reproductivo permite obtener rendimientos de hasta 5 t/ha. La mayoría de los investigadores coinciden en que temperaturas elevadas (máx. 35°C) y una radiación solar significativa son cruciales para el desarrollo óptimo del arroz (Menendez Ganchozo, 2020; Mota Delgado, 2016; Valero Jara, 2015).

2.4.5. Suelo

El cultivo se desarrolla en una variedad de suelos, que van desde arenosos hasta arcillosos. Los suelos con una consistencia delgada son fértiles debido a su contenido de arcilla y materia orgánica, lo que les permite aportar una mayor cantidad de nutrientes (Gao et al., 2019; Márquez de la Plata Panchana, 2013; Menendez Ganchozo, 2020).

2.4.6. Manejo nutricional del cultivo de arroz

El cultivo de arroz requiere 16 elementos nutritivos esenciales para su crecimiento y desarrollo óptimos, lo cual es fundamental para obtener cosechas con altos rendimientos. El carbono (C), el hidrógeno (H) y el oxígeno (O) constituyen aproximadamente el 95% de la planta y se obtienen del agua y del aire. Estos tres elementos son cruciales en el proceso de fotosíntesis (Pérez Leal, 2017).

2.5 Macronutrientes

Para lograr cosechas óptimas en el cultivo de arroz, es crucial utilizar macronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S), así como micronutrientes que faciliten los procesos fisiológicos de la planta (Barzan et al., 2023).

2.5.1. Nitrógeno

El nitrógeno es crucial para la síntesis de clorofila y, como componente de esta molécula, desempeña un papel fundamental en el proceso de fotosíntesis. La deficiencia de nitrógeno y clorofila compromete la capacidad del cultivo para utilizar la luz solar como fuente de energía, afectando negativamente su capacidad para realizar funciones esenciales, como la absorción de nutrientes.

El nitrógeno favorece el desarrollo radicular y promueve el crecimiento de las plantas, incluyendo el macollamiento, el número de panículas y espigas, así como la formación de granos. Por el contrario, una deficiencia de nitrógeno puede reducir la producción de órganos vegetales (Barzan et al., 2023; Torres Córdova, 2023).

En el suelo, el nitrógeno (N) se presenta principalmente en dos formas absorbibles: orgánicas, asociadas con restos de materia orgánica como residuos vegetales y animales, y las inorgánicas, que incluyen iones como NH_4^+ y NO_3^- presentes en los minerales de las arcillas y en la solución del suelo.

2.5.2. Fosforo

El fósforo juega un papel crucial en la fotosíntesis, la respiración celular, el almacenamiento y la transferencia de energía, la división y el alargamiento celulares. Además, facilita la formación temprana y el desarrollo de las raíces, y es esencial para la formación de semillas.

2.5.3. Potasio

El potasio es esencial para el crecimiento de las plantas, aunque sus funciones no están completamente comprendidas (Barzan et al., 2023; Kyrkby & Römheld, 2008). A diferencia del nitrógeno (N) y del fósforo (P), el potasio (K) no forma compuestos orgánicos en las plantas. Su función principal está relacionada con el metabolismo vegetal (Aguado Vicente, 2023; Azevedo et al., 2004; Barzan et al., 2023).

El potasio es crucial en la síntesis de proteínas y optimiza la eficiencia del uso del agua en las plantas, promoviendo la turgencia para mantener la presión interna celular (Barzan et al., 2023). Además, desempeña un papel esencial en la formación de frutos, la translocación de metales pesados como el hierro y el balance iónico (Kyrkby & Römheld, 2008). El potasio activa diversos sistemas enzimáticos y regula su velocidad de reacción, mejorando así la calidad del grano (Aguado Vicente, 2023; Cárdenas Zorro et al., 2012).

2.5.4. Azufre

El azufre (S) es crucial para la formación de proteínas, ya que es un componente esencial de ciertos aminoácidos que participan directamente en la síntesis proteica (Veliz, 2010). El S también es fundamental en la descomposición de enzimas y vitaminas, y juega un papel importante en la biosíntesis de clorofila. En general, el S está distribuido de manera uniforme en todos los tejidos vegetales (Cárdenas Zorro et al., 2012; Veliz, 2010).

2.6 Curvas de absorción

Para realizar las curvas de absorción, es fundamental obtener previamente la curva de crecimiento del cultivo en términos de peso seco. Aunque esta información es

básica, a menudo no está disponible para los cultivos (Molina & Rodríguez, 2012; Villarreal Barrera, 2017).

Las curvas de absorción proporcionan diversas utilidades específicas: permiten evaluar la acumulación de nutrientes en los tejidos a lo largo del tiempo, identificar los períodos de máxima absorción durante el ciclo del cultivo y determinar el grado de reciclaje o retorno de cada nutriente al sistema (Villarreal Barrera, 2017).

Es posible establecer la presencia o no de translocación de nutrimentos de algunos tejidos a otros durante el ciclo.

El diseño de la curva de aplicación basado en la absorción permite establecer un programa de fertilización eficiente a lo largo del tiempo. A través de estudios de curvas de absorción, es posible diferenciar y comprender el comportamiento de distintas variedades dentro de un mismo cultivo (Medina, 1952).

Para determinar las curvas de absorción de nutrientes, se definen etapas del cultivo que capturan los momentos críticos en los que la planta extrae nutrientes. Algunas investigaciones, como la de Villarreal Barrera (2017), elaboran estas curvas basándose en el consumo semanal de nutrientes.

3. Materiales y métodos

3.1 Delimitación de la investigación

El experimento se realizó en un área de 667 m² se lo realizará en la hacienda La Palma, ubicada en la cabecera cantonal de cantón Samborondón en la provincia del Guayas.

3.5.1. Espacio: Lugar donde se ejecutará el desarrollo del trabajo de titulación.

El estudio de movilidad de macronutrientes en las fases fenológicas del cultivo de arroz se los realizará en la época lluviosa durante los meses de enero – abril del 2024, al finalizar el estudio, se evidenciará el beneficio de este y su potencial uso para los productores de arroz en el país.

El sitio experimental se encuentra situado en $1^{\circ}57'02.0''$ S y $79^{\circ}43'22.6''$ W, con una altitud variante desde los 4 hasta los 42 metros sobre el nivel del mar.

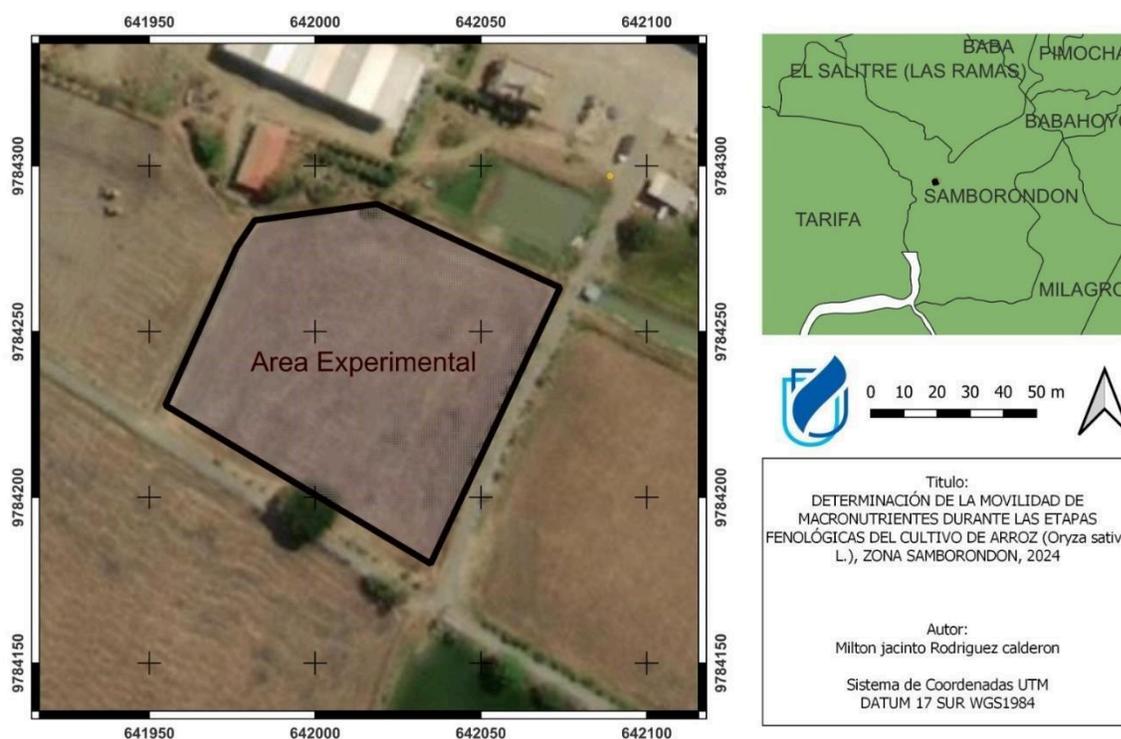


Figura 1. Ubicación del ensayo Rodríguez, 2024.

3.5.2. Tiempo: Período de tiempo que tomará el desarrollo del trabajo de titulación.

El periodo de esta investigación será de cuatro meses del 2024, en el cual se realizará el trabajo de campo y el proceso de tabulación de la investigación.

3.5.3. Población: Sujetos que serán encuestados y/o medidos. A quién va a ir dirigido el trabajo de titulación.

Según el GAD municipal de Samborondón para el 2023, la población que se beneficiarán de esta investigación es de aproximadamente de 100.000 habitantes, entre los que están incluidos productores, consumidores e industriales que se relacionan de forma directa o indirecta con el cultivo de arroz.

3.6. Enfoque de la investigación

3.6.1. Tipo de investigación

La investigación propuesta en este trabajo es de tipo cuantitativo y cualitativo con un enfoque de investigación de campo y experimental, un nivel de conocimiento exploratorio, descriptivo, explicativo o correlacional.

3.6.2. Diseño de investigación

Este tipo de investigación es experimental, para este estudio se realizará un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), el cual estará compuesto de cinco tratamientos, debido al fundamento de este diseño, cada tratamiento será evaluado utilizando cuatro repeticiones, mediante una prueba denominada Test de Tukey al 5% de probabilidad.

3.7. Metodología

3.7.1. Variables

Las variables que se estudiarán en esta investigación son las variables independientes y dependientes.

3.7.1.1. Variable independiente

Planificación de la aplicación de nutrientes: Nitrógeno, Potasio, Fosforo que se aplicarán en diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Descripción
1	NPK
2	NP
3	NK
4	PK
5	Testigo

Rodríguez, 2024.

3.7.1.2. Variable dependiente.

Rendimiento y calidad del cultivo de arroz: altura de planta (cm), macollos/ m², panícula/m², peso de 1000 semilla (g), rendimiento kg/ha, contenido foliar de macronutrientes por etapa fenológica en raíz follaje y panícula.

3.7.2. Hipótesis

El conocimiento oportuno sobre la absorción de macronutrientes en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz nos permitirá saber la etapa de mayor demanda de nutrientes y con ello maximizar la producción y rendimiento del cultivo de arroz en el cantón Samborondón.

3.7.3. Diseño experimental

Según la investigación, indicar el diseño experimental a implementar.

En esta investigación se usará un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), la cual constará de cinco tratamientos y cuatro repeticiones (tabla 2) obteniéndose un total de 20 unidades experimentales.

El área de la unidad experimenta será de 5 x 5 m por cada repetición según los tratamientos T1, T2, T3. T4 y T5 El área a utilizará será aproximadamente 25 m² con 1 m de separación entre repetición, con un área útil de 667 m².

Tabla 2. Delimitación de experimento

Componentes	Unidad
Diseño experimental	DBCA
Tipo de siembra	Trasplante
Números de tratamientos	5
Número de repeticiones	4
Número total de parcelas	20
Distancia entre plantas e hileras	0,25 x 0,25 m
Longitud de parcela	5 m
Ancho de la parcela	5 m
Área de la parcela	25 m ²
Longitud de todo el experimento	29 m

Ancho de todo el experimental	23
Separación entre repeticiones	1 m
Área de los bloques	25 m ²
Área total de los ensayos	667m ²

Rodríguez, 2024.

3.7.4. Recursos

Tabla 3. Recursos utilizados y costos de ensayo
COSTOS POR HECTÁREA DE ARROZ

RUBRO	Cantidad	Valor	Costo Ha
Variedad Feron	100 kg	0,75	75
Estacas pintadas de blanco	100 Unidad	0,5	50
Letreros para identificación del ensayo	20 Unidad	2	30
Piola para realizar el estaquillado	1 rollo	30	30
Libro de campo para registro de dato	1 Unidad	5	5
Cinta métrica para medir el área de parcela	1 Unidad	30	30
Fertilizantes	10 qq	20	200
Bombas para el riego	1 Unidad	350	350
Moto guadaña para limpieza de muros	2 Unidad	250	500
ARRIENDO	1 Unidad	300	300
PREPARACIÓN Y SIEMBRA	3 Unidad	20	60
RIEGO	6 Unidad	10	60
PROTECCIÓN AL CULTIVO	3 Unidad	20	60
Cosecha	1 Unidad	90	90

Total

1.840

Rodríguez, 2024.

3.7.5. Métodos y técnicas

Método inductivo: este método se usará para buscar artículos relacionados con el tema de esta investigación, la información se obtendrá en los repositorios de universidades, revistas indexadas a diferentes bases de datos y con esta información, así mismo se recopilará información relevante para realizar esta tesis para obtener el título de grado.

Método deductivo: este método se empleará para organizar la recolección y el registro de datos del ensayo de campo, así como, la estructuración y parafraseo de cada componente según los capítulos a escribir.

Método experimental: este recurso se utilizará para complementar la fase de estudio experimental donde se analizarán las variables de esta investigación, con el objetivo de obtener resultados prometedores en el uso de minerales se aplicaron productos a base de macronutrientes en el cultivo de arroz.

3.7.5.1. Diagrama de flujo de las actividades experimentales a realizar durante su trabajo de titulación

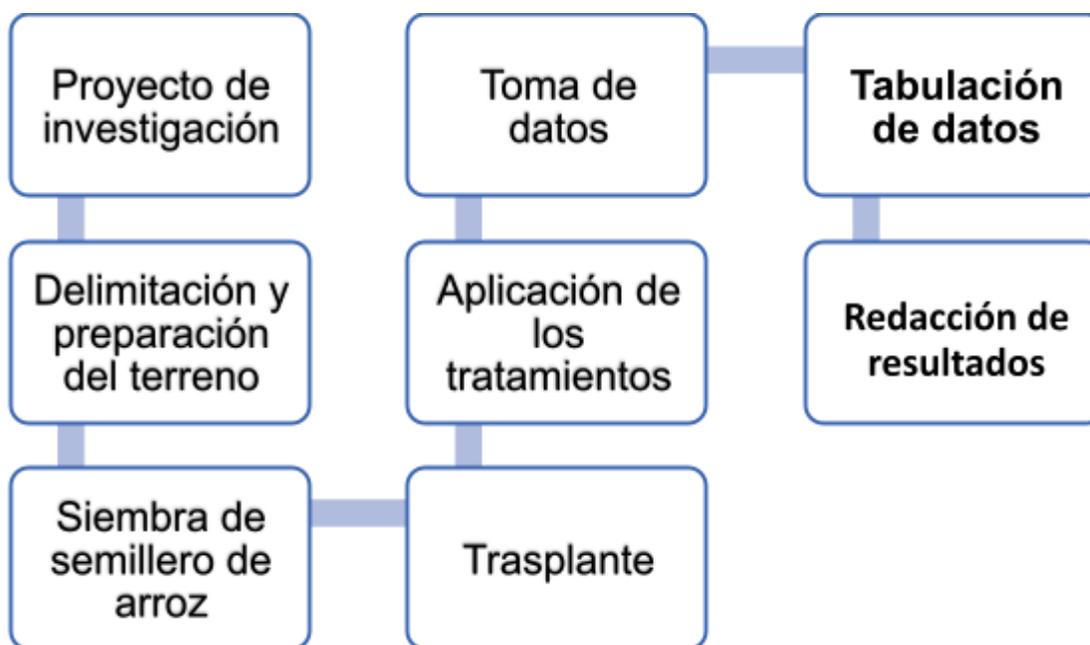


Figura 2. Diagrama de flujo de actividades
Rodríguez, 2024.

3.7.6. Análisis estadístico

En esta investigación se utilizará un análisis estadístico inferencial y descriptivo.

Tabla 4. Esquema de análisis de varianza

Fuentes de variación	GL
Tratamiento (t-1)	5
Repeticiones (r-1)	4
Error experimental	20
Total	29

Rodríguez, 2024.

3.8. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	Año 2023								Año 2024								
	Meses	1				2				3				4			
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
OBJETIVO GENERAL	Determinar la movilidad de macronutrientes mediante una curva de absorción de nutrientes durante las etapas fenológicas del cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), zona Samborondón, 2024																
Objetivo específico 1	Actividades																
Determinar de forma cuantitativa y cualitativa la absorción de nutrientes en el suelo y planta.	Prepara suelo, realizar semillero, trasplante de plantas Manejo de plagas y enfermedades, control de malezas																
Objetivo específico 2	Actividades																
Evaluar el contenido de nutrientes en cada etapa de desarrollo del cultivo en estudio.	Realizar muestreo diez días después del trasplante, en macollamiento, floración y llenado de grano Posterior al muestreo enviar muestras vegetales al laboratorio para determinar contenido de nutrientes																
Objetivo específico 3	Actividades																
Proponer un plan nutricional para la variedad de arroz en estudio en base a los resultados	Toma de datos, altura de planta, número de macollas, panículas por planta, tabulación de datos Redacción de tesis y propuesta de planta nutricional																

Figura 3. Cronograma de actividades del proyecto de investigación Rodríguez, 2024.

4. Resultados

4.5. Estudio de forma cuantitativa y cualitativa la absorción de nutrientes en el suelo y planta.

Esta investigación se la realizó en la época lluviosa en el cantón Samborondón, que mediante parámetros morfológicos y productivos del cultivo de arroz.

Se realizó la evaluación cuantitativa de las variables vegetativas (altura de planta y macollos) y de maduración (peso de 1000 semillas), tal como se presenta en la Tabla

A partir de esta evaluación, se puede deducir que las variables agronómicas en la planta de arroz sirven como un indicador eficaz de la acumulación de nutrientes en el cultivo de arroz.

Tabla 5. Efecto de la fertilización en las variables agronómicas de altura y macollos por planta, peso de 1000 semillas.

Tratamientos	Altura de planta		Macollos	Peso de 1000 semillas (g)
	(cm)			
NPK	141,8		20,1	25,75
NP	140,5		17,4	26,75
NK	130,9		18,9	26,25
PK	130,9		18,5	26,25
Testigo	127,4		19,7	26,00

NPK= Nitrógeno + fosforo + potasio. NP= Nitrógeno + fosforo. NK= Nitrógeno + potasio. PK= Fosforo + potasio. Testigo= sin aplicación. Rodríguez, 2024.

En la tabla 5, se muestra el efecto de la fertilización con nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) es fundamental para el óptimo crecimiento de las plantas lo cual se puede observar en las siguientes variables.

En la variable altura de planta el mejor tratamiento fue NPK que obtuvo 141,8 cm, mientras que el testigo produjo una altura promedio de 127,4 cm. Por otro lado, en relación con el número de macollos, las aplicaciones de NPK presentó la mayor cantidad de macollos (20,1) y con menor macollos el tratamiento de NP con 17,4 (Tabla 5). En esta misma tabla, se observa que el mejor peso de 1000 semillas expresado en gramos fue para el tratamiento de NP con 26,75 g y el de menor media fue NPK con 25,75.

La Tabla 6 ilustra la variabilidad al 5% (Tukey) entre los distintos tratamientos de estudio utilizados.

Tabla 6. Análisis de la varianza de altura de planta

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	1840,3	13	141,56	3,3	0,0023
Tratamiento	1654,2	4	413,55	9,65	<0,0001
Repeticiones	186,1	9	20,68	0,48	0,8765
Error	1542,2	36	42,84		
Total	3382,5	49			

Rodríguez, 2024.

El análisis de varianza muestra que existe un efecto significativo de los tratamientos en la altura de las plantas, evidenciado diferencia estadística significativa ($p\text{-valor} < 0.0001$). Esto implica que, al menos, un tratamiento difiere significativamente de los otros en su influencia sobre la altura.

La Tabla 7 detalla los resultados de la prueba de Tukey al 0,05 % para rangos múltiples, un método estadístico que identifica diferencias significativas entre las medias de grupos comparados.

Tabla 7. Prueba de rangos múltiples de Tukey al 0,05 del efecto de la fertilización sobre la altura de planta.

Tratamientos	Medias
--------------	--------

Testigo	127,40 b
PK	130,90 b
NK	130,90 b
NP	140,00 a
NPK	141,80 a

NPK= Nitrógeno + fosforo + potasio. NP= Nitrógeno + fosforo. NK= Nitrógeno + potasio. PK= Fosforo + potasio. Testigo= Sin aplicación. Rodríguez, 2024.

De acuerdo con la prueba de Tukey a posteriori al 0,05 % presentada en la Tabla 7, no hay diferencias significativas entre los tratamientos NPK (141,80 cm) y NP (140,50 cm). Sin embargo, estos muestran diferencias significativas con respecto al testigo, que tiene un promedio de 127,40 cm.

En la tabla 8, se detalla el análisis de varianza de Tukey al 0,05 % de la variable macolla.

Tabla 8. Análisis de la varianza de macollos.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	143,76	13	11,06 1,35	0,2289	143,76
Tratamiento	44,88	4	11,22 1,37	0,2622	44,88
Repeticiones	98,88	9	10,99 1,35	0,2489	98,88
Error	293,92	36	8,16		293,92
Total	437,68	49			

Rodríguez, 2024.

El análisis de varianza (ANOVA) indica que no hay diferencia estadística entre los tratamientos estudiados.

Para la variable peso de 1000 semillas se realizó un análisis de varianza de Tukey al 5 % como se observa en la tabla 9.

Tabla 9. Análisis de la varianza del peso de 1000 semillas

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,40	7	0,49	1,00	0,4733
Tratamiento	2,20	4	0,55	1,14	0,3848
Repeticiones	1,20	3	0,40	0,83	0,5038
Error	5,80	12	0,48		
Total	9.20	19			

Rodríguez, 2024.

En la tabla 9, Los resultados demuestran que no hay diferencias estadísticamente significativas los tratamientos evaluados.

4.6. Evaluar el contenido de nutrientes en cada etapa de desarrollo del cultivo a estudiar.

En la tabla 10, se reflejan los resultados iniciales del análisis de foliar y el contenido de nutrientes en la planta de arroz.

Tabla 10. Resultado de análisis foliar del contenido de nutrientes (%) previo a la aplicación de los tratamientos.

Elementos (%)	Tratamientos
---------------	--------------

	NPK	NP	NK	PK	Testigo
N	1,29	1,14	1,05	0,99	1,00
P	0,26	0,22	0,80	0,73	0,21
K	2,74	2,20	1,39	1,88	2,31
Ca	0,35	0,21	0,21	0,08	0,22
Mg	0,18	0,14	0,14	0,13	0,15

N= Nitrógeno. P= Fosforo. K=potasio. Ca= Calcio. Mg= Magnesio. NPK= Nitrógeno + fosforo + potasio. NP= Nitrógeno + fosforo. NK= Nitrógeno + potasio. PK= Fosforo + potasio. Testigo = Sin Aplicaciones.

Rodríguez, 2024.

En esta tabla se evidencia que el tratamiento muestra mayor porcentaje de nitrógeno y potasio en el área foliar es en el cual se aplicó NPK (1,30 %) a diferencia de la aplicación de PK (0,73 %) o NK (0,80 %) que tienen tendencia al incremento del fosforo, sin embargo, en el testigo el potasio estaba elevado, posiblemente esto se deba a los residuos de cosecha anteriores.

En la tabla 11. Se detalla los resultados del análisis foliar en la etapa de macollamiento, en el cual se observa la cantidad de nutrientes en el área foliar.

Tabla 11. Efecto de la fertilización en el porcentaje de la acumulación de nutrientes en la etapa vegetativa de macollamiento

Elementos (%)	Tratamientos				
	NPK	NP	NK	PK	Testigo
N	2	1,78	1,55	1,43	1,45
P	0,29	0,28	0,27	0,28	0,26
K	3,24	3,12	2,88	2,9	2,81
Ca	1,46	1,27	1,19	1,5	1,51

Mg 0,19 0,18 0,15 0,15 0,15

N= Nitrógeno. P= Fosforo. K=potasio. Ca= Calcio. Mg= Magnesio. NPK= Nitrógeno + fosforo + potasio. NP= Nitrógeno + fosforo. NK= Nitrógeno + potasio. PK= Fosforo + potasio. Testigo = Sin Aplicaciones.
Rodríguez, 2024.

El tratamiento NPK muestra el nivel más alto con 2 %, indicando una posible mayor absorción de nitrógeno (N) y testigo tiene el nivel más bajo con 1,45. En relación al fósforo (P), los niveles son similares entre sí, pero el NPK es ligeramente superior (0,29 %), mientras que el testigo es inferior (0,26 %). Por otro lado, las aplicaciones de NPK lidera con 3,24 % de potasio, sugiriendo una mejor absorción de potasio.

En la tabla 12. Se demuestra la acumulación de los elementos nutricionales en la etapa de reproducción (floración).

Tabla 12. Efecto de la fertilización en el porcentaje de acumulación de nutrientes en la etapa reproductiva (floración) del cultivo de arroz.

Elementos (%)	Tratamientos				
	NPK	NP	NK	PK	Testigo
N	2,20	2,15	2,10	2,08	1,93
P	0,36	0,37	0,34	0,34	0,37
K	2,86	2,89	2,89	2,84	2,98
Ca	0,74	0,85	0,85	1,26	1,29
Mg	0,18	0,14	0,12	0,11	0,11

N= Nitrógeno. P= Fosforo. K=potasio. Ca= Calcio. Mg= Magnesio. NPK= Nitrógeno + fosforo + potasio. NP= Nitrógeno + fosforo. NK= Nitrógeno + potasio. PK= Fosforo + potasio. Testigo = Sin Aplicaciones.
Rodríguez, 2024.

En la etapa reproductiva y según la tabla 12, se puede observó la acumulación de nutrientes en hojas se obtuvo aplicación de NPK con 2,20 % y la más baja en el

testigo con 1,93 %, en el caso del fósforo, NP y testigo muestran los niveles más altos con 0,37. Mientras que en potasio (K), el testigo presenta el nivel más alto con 2,98 y, PK el más bajo con 2,84. En el calcio (Ca) los resultados son similares.

4.7. Proponer un plan nutricional para la variedad de arroz a estudiar en base a los resultados

Según los resultados el plan nutricional para la variedad Feron:

En la tabla 13. Se detalla el plan nutricional para el cultivo de arroz en base a los resultados obtenidos.

Tabla 13. Plan nutricional para el cultivo de arroz.

Porcentaje de aplicación	Plan nutricional (kg)			
		Nitrógeno	Fosforo	Potasio
25%	primera	26	13,2	38
50%	segunda	52	20	76
25%	tercera	26		38

Rodríguez, 2024.

En la tabla 13. Se muestra el número de aplicaciones en base a los resultados se propones aplicar 104 kg de nitrógeno puro que equivale a 5 sacos de 50kg de urea, para el fosforo 33,2 kg puro que equivale a 2 sacos de 50 kg de DAP y para el potasio 152 kg distribuidos en tres secciones o aplicaciones en la primera aplicación que corresponde al 38 kg de potasio puro que equivale a 2 sacos de 50 kg de muriato de potasio y en la segunda aplicación corresponde a 76 kg de potasio puro que equivale a 5 sacos de 50 kg de sulfato de potasio y en la tercera aplicación que corresponde a 38 kg de potasio puro que equivale a 2.5 sacos de 50 kg de sulfato de potasio.

5. Discusión

En la planta de arroz, la altura de la planta y el número de macollos son indicadores de un buen desarrollo vegetativo, mientras que el peso de 1000 semillas refleja la calidad del grano producido. El tratamiento NPK parece ser el más eficiente en promover un mayor crecimiento y número de macollos. Por otro lado, el tratamiento testigo, muestra los valores más bajos en altura y un peso de semillas ligeramente inferior.

El tratamiento con NPK también mostró el resultado con el mayor número de macollos con 20. Sin embargo, el tratamiento NP tuvo un menor número de macollos (17,4), seguido por los tratamientos NK y PK con 18,9 y 18,5 macollos respectivamente. El grupo testigo mostró un valor de 19,7 macollos.

En el peso de 1000 semillas, los tratamientos NP y testigo resultaron en el valor más alto con 26,75 g. mientras que los tratamientos NPK, NK y PK tuvieron los valores ligeramente más bajos, con 25,75 g, 26,25 g y 26,25 g respectivamente.

En la etapa de macollamiento la acumulación de nutrientes en el tejido foliar de la planta está en incremento debido a la demanda de sustancias nutritivas para su normal desarrollo en esta etapa crítica de cultivo para alcanzar su máxima producción en macollos.

Para la época de floración en el área foliar encontró acumulados macronutrientes como el nitrógeno, potasio y el fosforo, aunque bajo pero superior en comparación con las demás etapas de cultivos. Cabe destacar que el potasio en el tratamiento testigo incrementó de forma racional, sin embargo, el testigo fue igual a los tratamientos aplicados.

La altura de la planta y el número de macollos, que son brotes laterales que emergen desde la base de la planta, son indicadores clave del desarrollo vegetativo en el arroz (Chen et al., 2021; Gao et al., 2019). Un incremento en el número de macollos puede conducir a una mayor cantidad de panículas, lo que generalmente resulta en un aumento del rendimiento (Gao et al., 2019). Además, el peso de 1000 semillas es un parámetro importante en la evaluación de la calidad del grano en cultivos de cereales, incluido el arroz. Un mayor peso de 1000 semillas suele indicar granos de mayor tamaño y a menudo se asocia con una mejor calidad del grano (Chen et al., 2021; Lo et al., 2008).

Los resultados obtenidos destacan la importancia de la aplicación equilibrada de NPK para maximizar el rendimiento del cultivo de arroz. Diversos estudios han demostrado que el uso de NPK tiene un efecto positivo significativo en el desarrollo del arroz, incrementando el número de macollos, el tamaño de las panículas, el peso del grano y, en consecuencia, la producción total (Mondal et al., 2020; Rani et al., 2021; Sharma et al., 2021; Shrestha et al., 2020). Una aplicación adecuada de NPK garantiza que el arroz disponga de los nutrientes necesarios para alcanzar su máximo potencial productivo.

La etapa de macollamiento en el arroz es crítica para determinar el rendimiento final del cultivo. Durante esta fase, la planta aumenta significativamente su demanda de nutrientes, especialmente en el tejido foliar, para sostener el crecimiento vegetativo y establecer una base sólida para la producción óptima de macollos (Majhi et al., 2021). Para satisfacer esta demanda, es esencial asegurar un suministro adecuado de nutrientes, en particular macronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), así como micronutrientes como zinc (Zn), hierro (Fe) y manganeso (Mn) (Kumar et al.,

2022; Mondal et al., 2020).

En la etapa de floración, este estudio analiza la acumulación de macronutrientes en el follaje del arroz durante dicho ciclo. A pesar de que los niveles de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) son bajos, superan los de otras etapas del cultivo, lo que indica una concentración necesaria para el desarrollo de flores y granos (Kumar et al., 2022; Mondal et al., 2020). Aunque el contenido de potasio en el testigo aumentó, no superó a los de los demás tratamientos, lo que sugiere la necesidad de una fertilización adicional para optimizar el rendimiento.

6. Conclusión

Concluyendo así que la fertilización tiene un impacto significativo en el crecimiento del cultivo de arroz, especialmente en la altura de las plantas. Los tratamientos que incluyeron nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) produjeron las mayores alturas, superando al grupo de control. Aunque se observó una respuesta clara en la altura de las plantas debido a la fertilización, otras variables, como el número de macollos y el peso de 1000 semillas, no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Estos resultados indican que, si bien la altura de las plantas es un buen indicador del efecto de la fertilización, el impacto en otras características agronómicas puede no ser tan marcado. Por ende, la fertilización con NPK y NP se destaca por su capacidad para mejorar el crecimiento en altura del arroz, aunque su efecto en otras variables del desarrollo del cultivo requiere de más investigación para ser plenamente comprendido.

El contenido de nutrientes en diferentes etapas del desarrollo del cultivo de arroz, analizando los efectos de diversas combinaciones de fertilizantes. Al inicio de la investigación, se realizó un análisis foliar que mostró una mayor concentración de

nitrógeno (N) y potasio (K) en el tratamiento NPK, en comparación con otros tratamientos y el testigo.

En la etapa de macollamiento, los niveles de nutrientes también fueron superiores en el tratamiento NPK, destacándose en nitrógeno y potasio, lo que muestra una mejor acumulación de estos elementos esenciales. Durante la etapa de floración, el tratamiento NPK continuó mostrando los niveles más altos de nitrógeno, mientras que los niveles de fósforo (P) y potasio fueron más equilibrados entre los diferentes tratamientos, con una ligera superioridad del testigo en potasio.

Esto indica que la fertilización con NPK no solo favorece el crecimiento vegetativo, sino también la acumulación de nutrientes esenciales en las etapas críticas del desarrollo del cultivo de arroz, optimizando así su rendimiento y calidad.

El análisis foliar del cultivo revela que facilita una absorción óptima de nutrientes necesarios para los procesos bioquímicos de la planta. Sin embargo, también indica que el plan de fertilización actual no proporciona una cantidad adecuada de algunos minerales esenciales, evidenciando deficiencias en ciertos nutrientes y un desequilibrio en los niveles de macro y micronutrientes.

El plan nutricional necesario para el cultivo de arroz se estableció mediante la implementación de tres aplicaciones distintas, optimizando así la absorción de nutrientes por las plantas y minimizando las pérdidas por lixiviación u otros procesos ambientales.

7. Recomendaciones

Aplicar una combinación de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) como lo pueden ser para el nitrógeno (Urea), fosforo (DAP) Y potasio (Muriato de potasio o Sulfato de

potasio), que ha demostrado ser el tratamiento más eficaz, promoviendo una mayor altura de planta, el mayor número de macollos y una producción óptima en términos de peso de 1000 semillas para mejorar el rendimiento general del cultivo.

Realizar análisis foliares antes y durante las etapas críticas del desarrollo del arroz, como en la etapa de macollamiento y floración. Esto permitirá ajustar las aplicaciones de fertilizantes según las necesidades específicas del cultivo y evitar deficiencias nutricionales.

Durante la etapa vegetativa de macollamiento, asegurar una adecuada aplicación de NPK, ya que este tratamiento mostró ser más eficiente en las variables agronómica.

En la etapa de floración, mantener la fertilización balanceada con NPK para garantizar niveles óptimos de nutrientes esenciales.

8. Referencias

- Acevedo, M. A., Castrillo, W. A., & Belmonte, U. C. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical*, 56(2), 151–170.
- Aguado Vicente, A. (2023). *Estudio de la variación de la partición de foto asimilados en tomate en respuesta a la disponibilidad de nitrógeno* [Trabajo Fin de Máster Universitario en Mejora Genética Vegetal]. Universidad Politécnica de Valencia.
- Arias Granda, O. B. (2017). *Determinar los efectos de la aplicación de un fertilizante foliar y una hormona reguladora de crecimiento sobre el comportamiento en la variedad de arroz (Oryza sativa L.) INIAP 14*. [Tesis de Grado carrera de Ingeniería Agropecuaria]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Azevedo, W. R., Faquin, V., Fernandes, L. A., & Oliveira Júnior, A. C. (2004). Disponibilidade de fósforo para o arroz inundado sob efeito residual de calcário, gesso e esterco de curral aplicados na cultura do feijão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(6), 995–1004. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000600008>
- Baquero Lagos, D. L., & Barbosa Mora, O. G. (2019). *Evaluación de cinco alternativas limpias sobre componentes de establecimiento en cultivo de arroz (Oryza sativa) en el piedemonte Llanero*. [Tesis de Grado]. Universidad de los Llanos.
- Barahona-Amores, L. A., Villarreal-Núñez, J. E., González-Carrasco, W., & Quiro-McIntire, E. I. (2019). Absorción de nutrientes en arroz en un suelo inceptisol bajo riego en Coclé, Panamá. *Agronomía Mesoamericana*, 407–424. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33997>
- Barcos Aguirre, C. J. (2019). *Comportamiento agronómico de dos cultivares de arroz (Oryza sativa L.), bajo condiciones diferentes de fertilización nitrogenada*. [Tesis de Grado]. Universidad Técnica de Babahoyo.

- Barrera Cruz, K. E. (2020). *Evaluación de programa de fertilización con productos promotores de sistema radicular en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.) variedad INTA DORADO en centro experimental TAINIC Sebaco municipio de Matagalpa noviembre 2019 a febrero 2020*. [Tesis de Grado]. Universidad Nacional Agraria.
- Barzan, R. R., Sandoval Contreras, H. A., & Osorio García, N. A. (2023). Fuentes y dosis de nitrógeno en el crecimiento inicial de arroz (*Oryza sativa* L.) de secano. *Acta Agronómica*, 71(4), 405-409. <https://doi.org/10.15446/acag.v71n4.92480>
- Bayona-Penagos, L. V. (2020). Efecto y mitigación de la toxicidad por arsénico y cadmio en cultivo de arroz. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 6(2), 49–70.
- Brito Peñafiel, D. R., & Chica Martínez. (2013). *Estudio de los niveles de fertilidad y su influencia en la productividad del cultivo de arroz (Oryza sativa) en el Recinto Las Maravillas del cantón Daule*. [Artículo de tesis de grado]. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Buelvas, J. M. (2021). Importancia de los factores climáticos en el cultivo de arroz. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 6(1), 28–34.
- Caballero Ibarra, B. C. (2021). *Uso de nitrógeno en el cultivo de Arroz (Oryza sativa L.) en dos métodos de riego, Valle Chancay-Lambayeque*. [Tesis de Grado]. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Calero Hurtado, A., Olivera Viciado, D., Pérez Díaz, Y., González-Pardo Hurtado, Y., Yáñez Simón, L. A., & Peña Calzada, K. (2020). Manejo de diferentes densidades de plantación y aplicación de microorganismos eficientes incrementan la productividad del arroz. *Idesia (Arica)*, 38(2), 109–117. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000200109>

- Carbo Aguirre, J. C. (2019). *Absorción de Nitrógeno en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.) en la zona de Cedegé, Babahoyo*. [Tesis de Grado]. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Cárdenas Zorro, G. A., Pinzón Ramírez, H., Patricia Pulido, S., Gómez de Enciso, C., Henríquez Henríquez, S. A., Vélez Sánchez, J. E., Forero de La Rotta, M. C., Benavides Rosero, M. A., Mora Medina, H. R., Herrera Arévalo, A., Escobar Velásquez, H., Sánchez León, G. D., Enrique Flórez, L., González, G., Wyckhuys, K., Salamanca, C., Zamudio, A., Jiménez, J., Gil, R., ... Ligarreto Moreno, G. A. (2012). Manual para el cultivo de hortalizas. *Produmedios*.
- Castilla Lozano, L. A., & Tirado Ospina, Y. C. (2019). Fundamentos técnicos para la nutrición del cultivo de arroz.
- Cedeño Hurtado, A. L. (2020). *Respuesta del desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa) a cuatro dosis de fertilización edáfica y los nutrientes (n-p-k)* [Trabajo de titulación]. Universidad Agraria del Ecuador.
- Cedeño, J., Cedeño, G., Alcívar, J., Cargua, J., Cedeño, F., Cedeño, G., & Constante, G. (2018). Increase of yield and nutritional quality of rice with NPK fertilization complemented with micronutrients. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 503–509. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.05>
- CFN. (2022). *Agricultura e industria manufacturera. En cultivo de arroz. Molienda o pilado de arroz*.
- Chávez Vergara, J. A., Torres García, A., Espinoza Vera, E. A., & Zambrano Pazmiño, D. E. (2020). Respuestas morfofisiológicas de la raíz del arroz (*Oryza sativa* L.) variedad SFL 11 en fase de semillero a la aplicación de cepa nativa de *Trichoderma* sp. y lixiviados de vermicompost bovino. *La Técnica*, 23, 13–24.

- Chen, K., Łyskowski, A., Jaremko, Ł., & Jaremko, M. (2021). Genetic and molecular factors determining grain weight in rice. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.605799>
- Del Valle Moreno, J., González-Viera, D., Rafael-Peña, L., Sánchez-Altunaga, O. R., & Delgado-Torres, C. (2022). Efecto de las variables climáticas sobre el rendimiento agrícola del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Ingeniería Agrícola*, 12(1).
- Florida Rofner, N., Trigos Becerril, D., & Rengifo Rojas, A. (2022). Indicadores Físicoquímicos del suelo con Manejo Convencional Del Arroz (*Oriza sativa* L.) Bajo Riego. *La Granja*, 37(1). <https://doi.org/10.17163/lgr.n37.2023.09>
- Galindo Gil, L. F. (2020). *Identificar la población de las malezas predominantes antes de la siembra del cultivo de arroz Oryza sativa L. secano en el municipio de Pore, Casanare.* [Programa de Ingeniería Agronómica.]. Universidad de Pamplona.
- Gao, H., Wang, W., Wang, Y., & Liang, Y. (2019). Molecular mechanisms underlying plant architecture and its environmental plasticity in rice. *Molecular Breeding*, 39(12), 167. <https://doi.org/10.1007/s11032-019-1076-2>
- Garcés, G., & Medina, J. (2018). *Fisiología del cultivo del arroz en el programa AMTEC.*
- González, M., Castro, R., Morejón, R., & Cárdenas, R. M. (2004). Relación del vaneo del grano en variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) con las variables climáticas temperatura y humedad relativa. *Cultivos Tropicales*, 25(3), 15–17.
- González-Molina, L., Moreno-Pérez, E. del C., Espitia-Rangel, E., & Ayala-Garay, A. V. (2022). Extracción del nutrimental del amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) variedad nutrisol. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45(3), 313. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.3.313>

- Gregorio Castro, C. S. (2022). *Efecto de cuatro dosis de poliacrilato de potasio en el rendimiento del cultivo de holantao (Pisum Sativum) bajo condiciones del caserío de Huancarpata–distrito de Cajay–provincia de Huari–Ancash, 2020*. [Tesis de Grado]. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (Perú).
- Heros Aguilar, E. C., Lozano-Isla, F., & Casas Díaz, A. V. (2023). Tecnologías para una producción de arroz: Recomendaciones para el Perú basadas en investigaciones científicas. *South Sustainability*, 4(1), e069. <https://doi.org/10.21142/SS-0401-2023-e069>
- Iniap. (2007). *Manual del cultivo de arroz*. Ed. INIAP.
- Jiang, L., Dai, T., Jiang, D., Cao, W., Gan, X., & Wei, S. (2004). Characterizing physiological N-use efficiency as influenced by nitrogen management in three rice cultivars. *Field Crops Research*, 88(2–3), 239–250. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.023>
- Jiménez Madrir, D. M. (2016). *Evaluación de fungicidas de síntesis química en mezcla con un fisioactivador sobre efectos de rendimiento y enfermedades fungicas en arroz (Oryza sativa) var. Fedearroz 68 en la inspección palmeras, San Carlos de Guaroa*. [Tesis de Grado]. . Universidad de los Llanos.
- Kumar, S., Yadav, R. A., Singh, Y. K., Singh, S., Singh, A. K., Patel, V., & Sachan, R. (2022). Effect of Nitrogen Schedule and Weed Management Practices on Yield Attributing Characters and Yield of Transplanted Hybrid Rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*, 828–837. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2022/v34i232494>
- Kyrkby, E., & Römheld, V. (2008). Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. *Informaciones Agronómicas*, 68, 1–6.

- Lira Moreno, E. A. (2004). Evaluación del sistema de intensificación de arroz (*Oryza sativa* L) en comparación a dos sistemas de siembra tradicionales bajo condiciones de riego en Darío, Matagalpa. [Tesis de Grado]. Universidad Nacional Agraria.
- Liu, Y., Ma, C., Li, G., Jiang, Y., Hou, P., Xue, L., Yang, L., & Ding, Y. (2023). Lower dose of controlled/slow release fertilizer with higher rice yield and N utilization in paddies: Evidence from a meta-analysis. *Field Crops Research*, 294, 108879. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108879>
- Lo, S.-F., Yang, S.-Y., Chen, K.-T., Hsing, Y.-I., Zeevaart, J. A. D., Chen, L.-J., & Yu, S.-M. (2008). A novel class of gibberellin 2-oxidases control semidwarfism, tillering, and root development in rice. *The Plant Cell*, 20(10), 2603–2618. <https://doi.org/10.1105/tpc.108.060913>
- Lorenty Ruíz, J. F. (2021). Evaluación de fertilizantes nitrogenados y mejoradores orgánicos en el cultivo de arroz *Oryza sativa* L., en el cantón Samborondón. [Tesis de Grado]. Universidad de Guayaquil.
- Luzcando Baque, E. M. (2021). Evaluación agronómica de nuevas variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) en el recinto Bijagual, cantón Nobol. [Tesis de Grado]. Universidad de Guayaquil.
- Majhi, P., Rout, K. K., Nanda, G., & Singh, M. (2021). Long term effects of fertilizer and manure application on productivity, sustainability and soil properties in a rice-rice system on Inceptisols of Eastern India. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(14), 1631–1644. <https://doi.org/10.1080/00103624.2021.1892723>
- Marín D; Urioste S; Celi R; Castro M; Pérez P; Aguilar D; Labarta R; Andrade R. 2021. *Caracterización del sector arrocero en Ecuador 2014-2019: ¿Está cambiando el manejo del cultivo? Publicación CIAT No. 511*. Centro Internacional de Agricultura Tropical

(CIAT); Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR); Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Ecuador; Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de Ecuador. Cali, Colombia. 58 p

Márquez de la Plata Panchana, O. G. (2013). *Incidencia del fósforo en el macollamiento de arroz (Oryza sativa) variedad INIAP 15*. [Tesis de Grado]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Mc culloch A., J. C., & Bernal C., I. E. (2012). *Curva de absorción de nutrientes del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) variedad Venezuela 21, en un suelo vertisol bajo condiciones del valle de Sébaco, Nicaragua* [Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado Académico de Licenciatura]. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.

Medina, José. (1952). Absorción de nutrimentos minerales por la variedad de Fedearroz lagunas Clearfield en Gamarra-Cesar. *Revista arroz*, 58(493), 4–10.

Méndez, A., & Soto, X. (2017). *Dinámica de la absorción de nutrientes del cultivo de arroz (Oryza sativa) variedad Fedearroz 2000 en Pivijay – Magdalena*. [Programa de Ingeniería Agronómica]. Universidad del Magdalena.

Menendez Ganchozo, S. E. (2020). *Evaluación de tres variedades de arroz (Oryza sativa L.) Por dos métodos de siembra Trasplante y a voleo*. [Tesis de Grado]. Universidad Agraria del Ecuador.

Miranda Rodríguez, J. A. (2020). *Fertilización con motobomba en el cultivo de arroz (Oryza sativa L) Empresa Agrícola Miramontes S.A: San Lorenzo, Boaco 2019*. [Trabajo de pasantía]. Universidad Nacional Agraria.

- Molina, E., & Rodríguez, J. H. (2012). Fertilización con N, P, K y S, y curvas de absorción de nutrimentos en arroz var. Cfx 18 en Guanacaste. *Agronomía Costarricense*, 36(1), 39–51.
- Mondal, R., Goswami, S., Bikash Goswami, S., & Jana, K. (2020). Effect of different nutrient management practices on growth, grain yield, production economics, soil nutrient availability of transplanted kharif rice (*Oryza sativa* L.) and correlation studies. *Journal of Crop and Weed*, 16(1), 172–179. <https://doi.org/10.22271/09746315.2020.v16.i1.1290>
- Mota Delgado, J. E. (2016). *Evaluación de la calidad del arroz paddy (Oryza sativa L.) de los diferentes proveedores de la Piladora Verónica Roxanna en la zona de Santa Lucía, provincia del Guayas*. [Tesis de Grado]. Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- Muñoz Montoya, P. L. (2021). *Análisis histórico de la comercialización de Arroz Parbolizado en el Perú y su viabilidad económica y financiera en un proyecto de Importación*. [Tesis de Grado]. Escuela Académico Profesional de Negocios Internacionales.
- Nashrurrokhman, M., Sayekti, P. R., Safitri, A., Purwestri, Y. A., & Pratiwi, R. (2019). Macronutrient and mineral contents of five local black rice (*Oryza sativa*) cultivars in Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(12). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d201225>
- Olmos, S. (2006). *Apunte de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz*.
- Paredes C., M., Becerra V., V., Donoso Ñ., G., Olmos, S. E., & Rodríguez R., R. (2021). *Morfología y estados de crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. En 100 años del cultivo del arroz en Chile en un contexto internacional. 1920-2020: Vol. II (INIA Chile, pp. 408–445)*.
- Pérez Leal, F. (2017). *PARTE III NUTRICIÓN MINERAL*. En Fisiología Vegetal.

- Pérez-Almeida, I., Celi-Herán, R., Sánchez-Mora, F., Paz-Carrasco, L., & Ramos-Viteri, B. (2019). Assessment of molecular genetic diversity of ecuadorian rice cultivars using simple sequence repeat markers. *Bioagro*, 31(1), 3–12.
- Perez-Somarriba, E. B., & Hernandez-Fernandez, G. (2022). Efecto de densidades de siembra en el desarrollo fenológico-productivo del Cultivo de Maíz (*Zea Mays*) en camas Biointensivas. *Revista iberoamericana bioeconomía cambio climático*, 8(15), 1876–1885. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i15.14332>
- Pulamarin Churuchumbi, D. A. (2022). *Efecto de la aplicación de pollinaza semidescompuesta y compostada en una mezcla forrajera en el cantón Cayambe*. [Tesis de Grado]. Universidad Digital Técnica del Norte.
- Rani, P., Saini, I., Singh, N., Kaushik, P., Wijaya, L., Al-Barty, A., Darwish, H., & Noureldeen, A. (2021). Effect of potassium fertilizer on the growth, physiological parameters, and water status of Brassica juncea cultivars under different irrigation regimes. *PLOS ONE*, 16(9), e0257023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257023>
- SATRIAWAN, H., NAZIRAH, L., FITRI, R., & ERNAWITA, E. (2022). Evaluation of growth and yield of upland rice varieties under various shading levels and organic fertilizer concentrations. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(5). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230549>
- SHARMA, A., DHERI, G. S., & SAINI, S. P. (2021). Long-term nutrient management affects nitrogen dynamics and crop yield in rice (*Oryza sativa*)-wheat (*Triticum aestivum*) system. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 91(8). <https://doi.org/10.56093/ijas.v91i8.115807>

- Shrestha, J., Shah, K. K., & Timsina, K. P. (2020). Effects of different fertilizers on growth and productivity of rice (*Oryza sativa* L.): a review. *International Journal of Global Science Research*, 7(1). <https://doi.org/10.26540/ijgsr.v7.i1.2020.151>
- Sun, T., Yang, X., Tang, S., Han, K., He, P., & Wu, L. (2020). Genotypic Variation in Nutrient Uptake Requirements of Rice Using the QUEFTS Model. *Agronomy*, 11(1), 26. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010026>
- Torres Córdova, A. E. (2023). *Manejo del agua y del nitrógeno en la productividad de tres cultivares de arroz (Oryza sativa L.) en el Valle Jequetepeque*. [Tesis de Grado]. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Valero Jara, J. A. (2015). *Respuesta de cultivares de arroz a la fertilización con hierro y zinc, sobre su concentración en el grano, en la Amazonia Ecuatoriana*. [Tesis de Grado]. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Valladares, C. (2010). *Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano*. [Tesis de Grado]. Universidad Nacional Autónoma de Honduras .
- Vargas, M. (2002). Fertilización con cuatro niveles de nitrógeno, fósforo y potasio y curva de absorción de la variedad fedearroz 50, en condiciones de secano favorecido. *CONARROZ*, 24.
- Velázquez, J., Rosales, A., Rodríguez, H., & Salas, R. (2015). Determinación de las etapas de inicio de macollamiento, inicio de primordio, floración y madurez en la planta de arroz , con el sistema s, v y r correlacionado con la sumatoria térmica. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 121–130.
- Veliz, C. G. (2010). *Impacto de la deficiencia combinada de nitrógeno y azufre sobre la removilización de aminoácidos y azúcares en plantas de cebada (Hordeum vulgare L.)* [Tesis de Grado]. Universidad de Belgrano.

- Vergara Monserrate, P. A. (2019). *Respuesta del arroz (Oryza sativa.) a diferentes alternativas de fertilización en un suelo bajo, sujeto a inundación temporal, en el cantón Mocache* [Tesis de Grado]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Villarreal Barrera, A. M. (2017). *Respuesta a cuatro niveles de nitrógeno y curvas de absorción de nutrientes para la variedad de arroz UP80FL, bajo condiciones de secano en dos localidades.* [Tesis de Grado]. Universidad de Panamá.
- Villeda R., E. (2022). *Efecto del arreglo espacial de siembra y la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en la producción bajo el Sistema Intensivo del Cultivo de Arroz (SICA).* [Tesis de Grado]. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana
- Yao, Y., Zhang, M., Tian, Y., Zhao, M., Zhang, B., Zeng, K., Zhao, M., & Yin, B. (2018). Urea deep placement in combination with Azolla for reducing nitrogen loss and improving fertilizer nitrogen recovery in rice field. *Field Crops Research*, 218, 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.01.015>
- Zurita Barros, A. L. (2021). *Adaptación de cuatro variedades de arroz (Oryza sativa L.) A las condiciones agroclimáticas de Mocache, 2021* [Tesis de Grado]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

9. Anexos

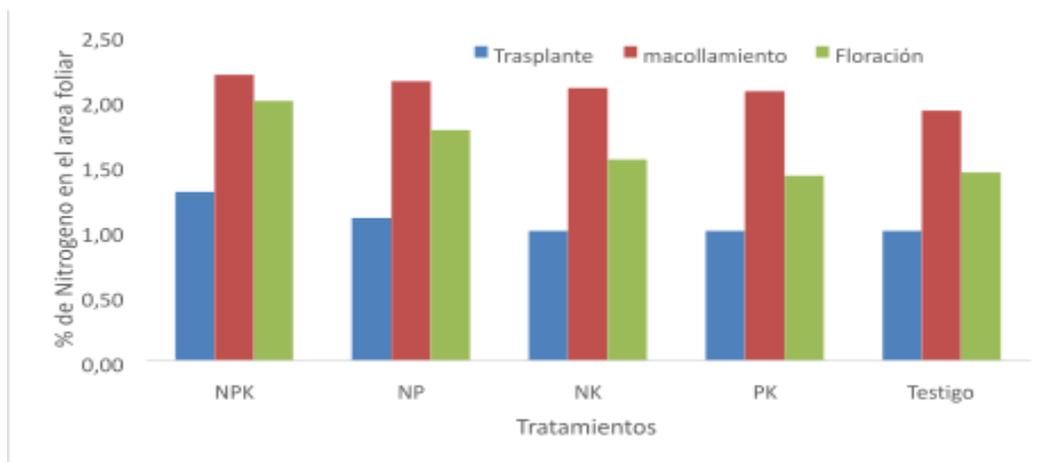


Figura 4. Porcentaje de nitrógeno acumulado en el follaje en el arroz Rodríguez, 2024.

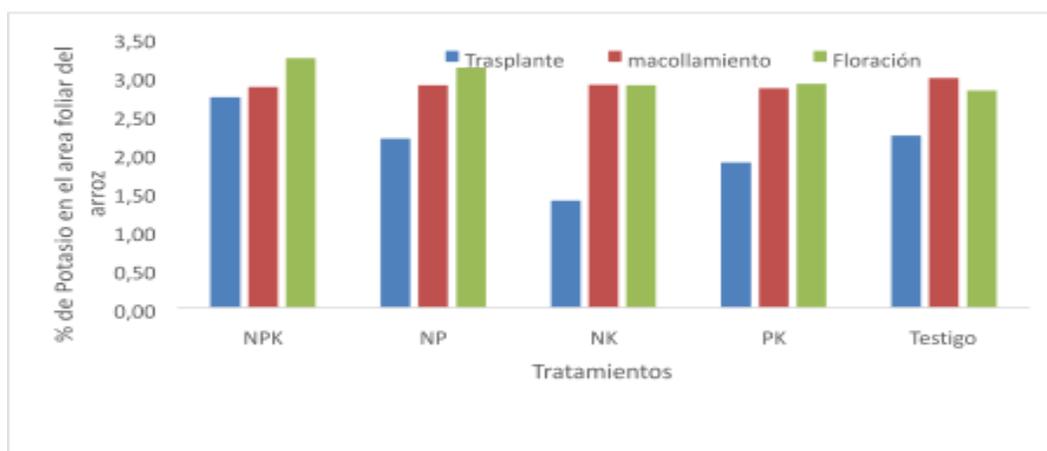


Figura 5. Porcentaje de potasio acumulado en el follaje de la planta de arroz Rodríguez, 2024.

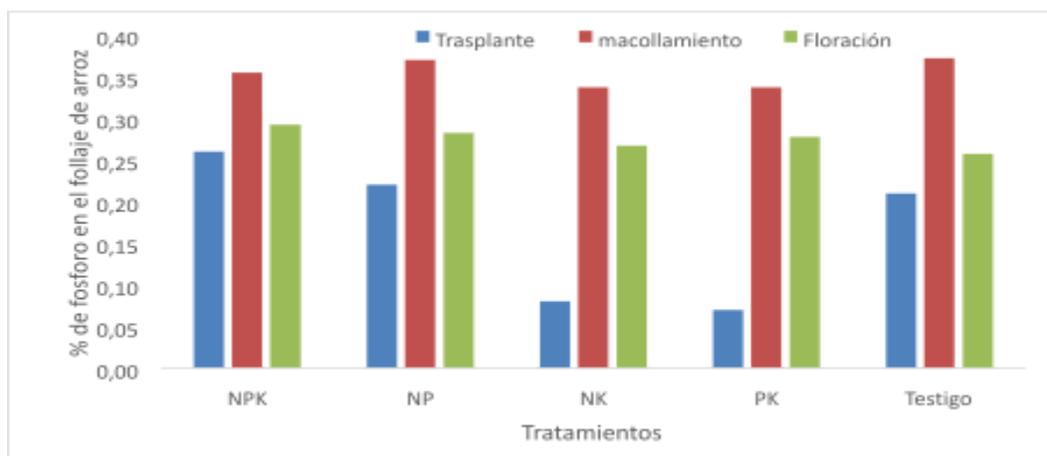


Figura 6. Porcentaje de fósforo acumulado en el follaje del cultivo de arroz Rodríguez, 2024.

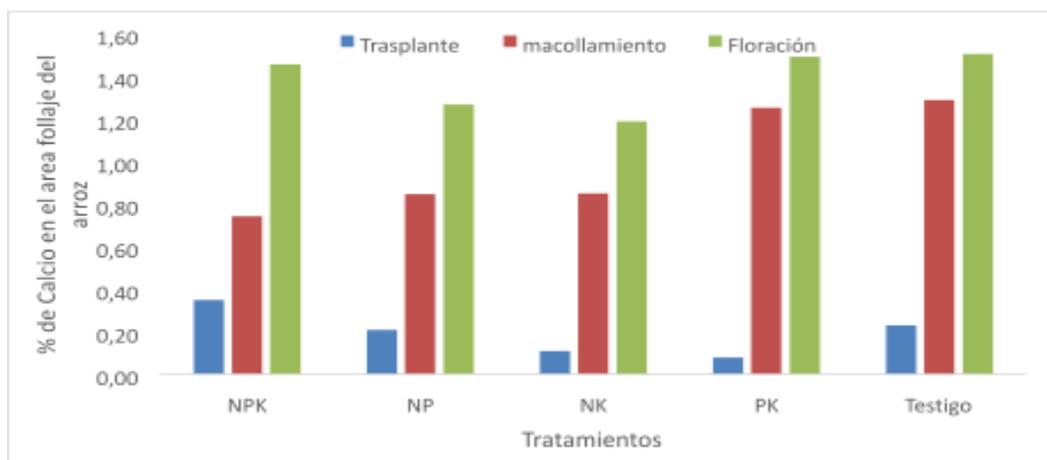


Figura 7. Porcentaje de calcio acumulado en el follaje del cultivo de arroz Rodríguez, 2024.

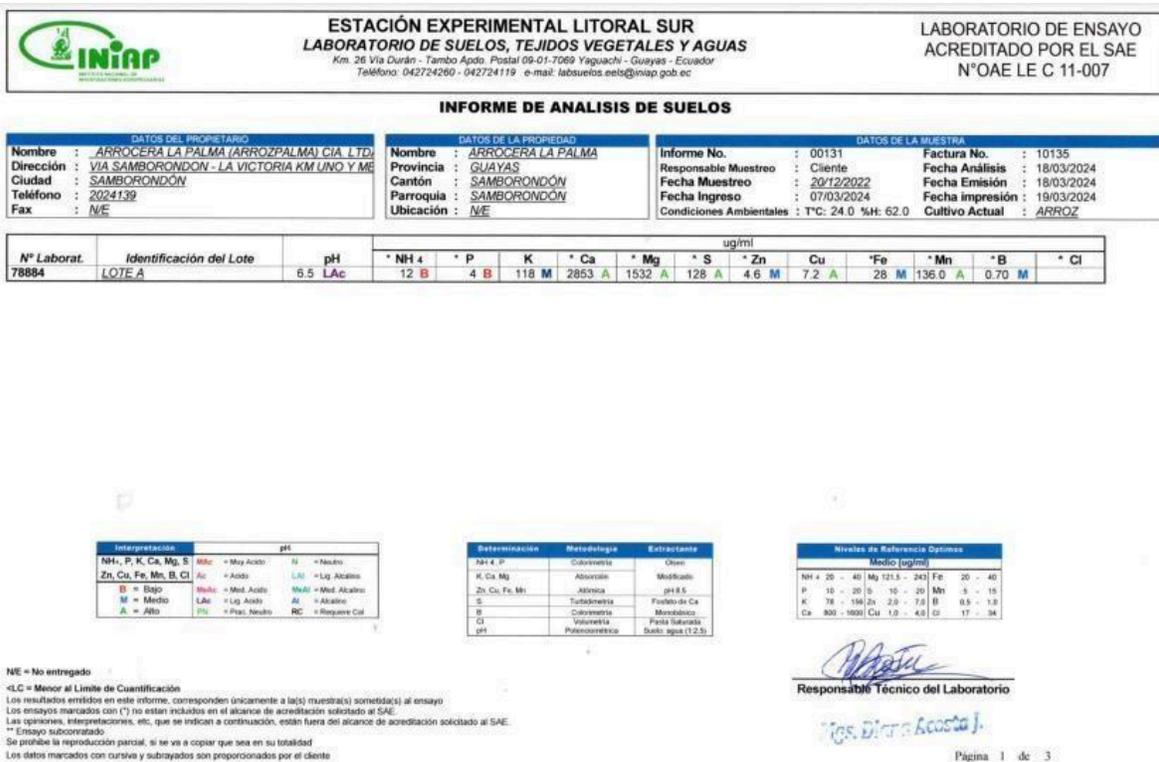


Figura 8. Informe de análisis de suelo antes de trasplante en el cultivo de arroz Rodríguez, 2024.

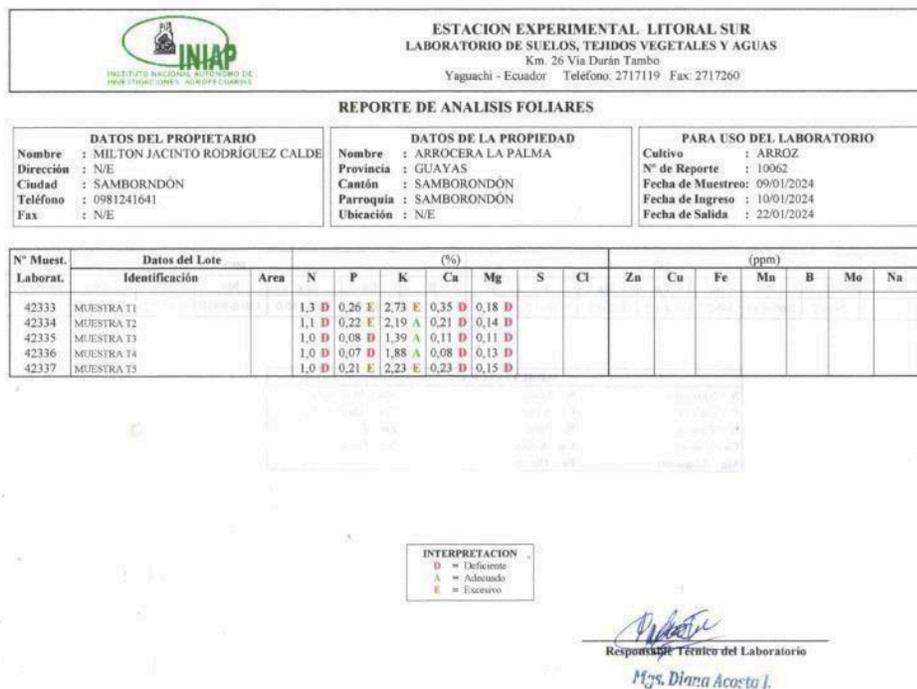


Figura 9. Reporte de análisis foliares en el cultivo de arroz

Rodríguez, 2024.

 INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS	ESTACION EXPERIMENTAL LITORAL SUR LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 Vía Durán Tambo Yaguachi - Ecuador Teléfono: 2717119 Fax: 2717260																
REPORTE DE ANALISIS FOLIARES																	
DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : MILTON JACINTO RODRÍGUEZ CALDEF Dirección : N/E Ciudad : SAMBORONDÓN Teléfono : 0981241641 Fax : N/E	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : ARROCERA LA PALMA Provincia : GUAYAS Cantón : SAMBORONDÓN Parroquia : SAMBORONDÓN Ubicación : SAMBORONDÓN	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo : ARROZ N° de Reporte : 10122 Fecha de Muestreo : 16/02/2024 Fecha de Ingreso : 23/02/2024 Fecha de Salida : 06/03/2024															
N° Muest. Laborat.	Datos del Lote Identificación	Area	(%)								(ppm)						
			N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na	
42640	T1 - R1		2,1 D	0,34 E	2,82 E	0,70 A	0,19 D										
42641	T1 - R2		2,1 D	0,34 E	2,86 E	0,74 A	0,16 D										
42642	T1 - R3		2,2 D	0,33 E	2,89 E	0,72 A	0,16 D										
42643	T1 - R4		2,4 D	0,41 E	2,88 E	0,81 A	0,18 D										
42644	T2 - R1		2,1 D	0,37 E	2,82 E	0,87 A	0,15 D										
42645	T2 - R2		2,1 D	0,33 E	2,72 E	0,87 A	0,15 D										
42646	T2 - R3		2,2 D	0,35 E	2,79 E	0,85 A	0,14 D										
42647	T2 - R4		2,2 D	0,43 E	3,21 E	0,80 A	0,13 D										
42648	T3 - R1		2,1 D	0,31 E	2,83 E	0,92 A	0,13 D										
42649	T3 - R2		2,3 D	0,32 E	2,77 E	0,78 A	0,11 D										
42650	T3 - R3		2,0 D	0,39 E	3,01 E	0,64 A	0,12 D										
42651	T3 - R4		2,0 D	0,33 E	2,96 E	1,07 A	0,12 D										
42652	T4 - R1		2,2 D	0,34 E	2,81 E	1,18 A	0,11 D										
42653	T4 - R2		2,2 D	0,38 E	2,83 E	1,28 E	0,11 D										
42654	T4 - R3		1,9 D	0,30 E	2,68 E	1,33 E	0,11 D										

INTERPRETACION
D = Deficiente
A = Adecuado
E = Excesivo


 Responsable Técnico del Laboratorio
 Dr. Diana AGUILAR

Figura 10. Reporte de análisis foliares en el cultivo de arroz Rodríguez, 2024.

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : MILTON JACINTO RODRÍGUEZ CALDEF Dirección : N/E Ciudad : SAMBORONDÓN Teléfono : 0981241641 Fax : N/E	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : ARROCERA LA PALMA Provincia : GUAYAS Cantón : SAMBORONDÓN Parroquia : SAMBORONDÓN Ubicación : SAMBORONDÓN	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo : ARROZ N° de Reporte : 10122 Fecha de Muestreo : 16/02/2024 Fecha de Ingreso : 23/02/2024 Fecha de Salida : 06/03/2024															
N° Muest. Laborat.	Datos del Lote Identificación	Area	(%)								(ppm)						
			N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na	
42655	T4 - R4		2,0 D	0,33 E	3,05 E	1,23 E	0,11 D										
42656	T5 - R1		2,0 D	0,40 E	3,03 E	1,31 E	0,13 D										
42657	T5 - R2		2,0 D	0,41 E	3,02 E	1,30 E	0,11 D										
42658	T5 - R3		1,7 D	0,31 E	2,93 E	1,30 E	0,10 D										
42659	T5 - R4		2,0 D	0,37 E	2,94 E	1,25 E	0,11 D										

Figura 11. Reporte de análisis foliares en el cultivo de arroz Rodríguez, 2024.

 <p>INIAP INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</p>	<p>ESTACION EXPERIMENTAL LITORAL SUR LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 Vía Durán Tambo Yaguachi - Ecuador Teléfono: 2717119 Fax: 2717260</p>														
REPORTE DE ANALISIS FOLIARES															
DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD						PARA USO DEL LABORATORIO					
Nombre : MILTON JACINTO RODRÍGUEZ CALDER				Nombre : ARROCERA LA PALMA						Cultivo : ARROZ					
Dirección : N/E				Provincia : GUAYAS						N° de Reporte : 10146					
Ciudad : SAMBORONDÓN				Cantón : SAMBORONDÓN						Fecha de Muestreo : 13/03/2024					
Teléfono : 0981241641				Parroquia : SAMBORONDÓN						Fecha de Ingreso : 25/03/2024					
Fax : N/E				Ubicación : SAMBORONDÓN						Fecha de Salida : 04/04/2024					

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		(%)							(ppm)						
	Identificación	Area	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na
42672	T1 - R1		2,0 D	0,27 E	2,99 E	1,51 E	0,20 A									
42673	T1 - R2		2,0 D	0,29 E	3,24 E	1,48 E	0,18 D									
42674	T1 - R3		1,8 D	0,29 E	3,33 E	1,44 E	0,19 D									
42675	T1 - R4		2,2 D	0,32 E	3,38 E	1,40 E	0,19 D									
42676	T2 - R1		1,6 D	0,28 E	3,16 E	1,33 E	0,18 D									
42677	T2 - R2		1,6 D	0,28 E	3,14 E	1,28 E	0,17 D									
42678	T2 - R3		2,1 D	0,30 E	3,16 E	1,26 E	0,20 A									
42679	T2 - R4		1,8 D	0,27 E	3,00 E	1,21 E	0,17 D									
42680	T3 - R1		1,5 D	0,27 E	2,87 E	1,19 A	0,16 D									
42681	T3 - R2		1,6 D	0,26 E	2,92 E	1,18 A	0,16 D									
42682	T3 - R3		1,5 D	0,28 E	3,15 E	1,13 A	0,15 D									
42683	T3 - R4		1,6 D	0,26 E	2,59 E	1,26 E	0,14 D									
42684	T4 - R1		1,4 D	0,27 E	2,89 E	1,50 E	0,17 D									
42685	T4 - R2		1,4 D	0,29 E	3,00 E	1,50 E	0,14 D									
42686	T4 - R3		1,3 D	0,27 E	2,91 E	1,47 E	0,13 D									

INTERPRETACION
D = Deficiente
A = Adecuado
E = Excesivo


 Responsable Técnico del Laboratorio

Figura 12. Reporte de análisis foliares en el cultivo de arroz Rodríguez, 2024.

DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD						PARA USO DEL LABORATORIO					
Nombre : MILTON JACINTO RODRÍGUEZ CALDER				Nombre : ARROCERA LA PALMA						Cultivo : ARROZ					
Dirección : N/E				Provincia : GUAYAS						N° de Reporte : 10146					
Ciudad : SAMBORONDÓN				Cantón : SAMBORONDÓN						Fecha de Muestreo : 13/03/2024					
Teléfono : 0981241641				Parroquia : SAMBORONDÓN						Fecha de Ingreso : 25/03/2024					
Fax : N/E				Ubicación : SAMBORONDÓN						Fecha de Salida : 04/04/2024					

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		(%)							(ppm)						
	Identificación	Area	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na
42687	T4 - R4		1,6 D	0,28 E	2,80 E	1,51 E	0,15 D									
42688	T5 - R1		1,3 D	0,25 E	2,65 E	1,52 E	0,15 D									
42689	T5 - R2		1,5 D	0,26 E	2,83 E	1,53 E	0,17 D									
42690	T5 - R3		1,5 D	0,26 E	2,82 E	1,50 E	0,15 D									
42691	T5 - R4		1,5 D	0,26 E	2,95 E	1,49 E	0,12 D									

Figura 13. Reporte de análisis foliares en el cultivo de arroz Rodríguez, 2024.

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre :	ARROCERA LA PALMA (ARROZPALMA) CIA. LTDA.	Nombre :	ARROCERA LA PALMA (ARROZPALMA) CIA. LTDA.	Informe No. :	00292 - 24	Factura No. :	10285
Dirección :	VIA SAMBORONDON - LA VICTORIA KM UNO Y ME	Provincia :	GUAYAS	Responsable Muestreo :	Cliente	Fecha Análisis :	24/06/2024
Ciudad :	SAMBORONDON	Cantón :	SAMBORONDON	Fecha Muestreo :	07/06/2024	Fecha Emisión :	25/06/2024
Teléfono :	2024139	Parroquia :	SAMBORONDON	Fecha Ingreso :	11/06/2024	Fecha Impresión :	27/06/2024
Fax :	N/E	Ubicación :	N/E	Condiciones Ambientales :	T°C:25.0 %H: 57.0	Cultivo Actual :	ARROZ

N° Laborat.	Identificación	* Textura (%)			* Clase Textural			meq/100ml			mS/cm			(%)			meq/100ml			Ca		Mg		Ca+Mg	
		Arena	Limo	Arcilla	* Al+H	* Al	* Na	C.E.	* M.O.	K	* Ca	* Mg	Σ Bases	* Ca	Mg	K	* Ca	Mg	K	* Ca	Mg	K			
79142	MUESTRA 1							1.80	B	0.53	A	14.59	A	13.65	A	28.77	1.07	B	25.91	A	53.73	A			

Interpretación	
Al+H & Na	C.E.
Nf = Adecuado	NS = No Salino
L1 = Ligero Toxico	LS = Lig. Salino
T = Toxico	S = Salino
	MS = Muy Salino

Abreviatura
C.E. Conductividad Eléctrica
M.O. Materia Orgánica
CIC Capacidad de Intercambio Catiónico

Determinación	Reactivos	Extracción
CIC	Wolfey Barro	Destilado de K
Na		Acetato de Amonio
C.E.	Extrato de pasta saturada	Agua

Lig. Toxico meq/100ml		Lig. Salino (200g)		Lig. Salino (1000g)	
Al+H	Na	Al+H	Na	Al+H	Na
0.31 - 1.0	1.0 - 3.0	0.31 - 1.0	1.0 - 3.0	0.31 - 1.0	1.0 - 3.0
0.31 - 1.0	1.0 - 3.0	0.31 - 1.0	1.0 - 3.0	0.31 - 1.0	1.0 - 3.0
0.5 - 1.0	1.0 - 3.0	0.5 - 1.0	1.0 - 3.0	0.5 - 1.0	1.0 - 3.0

NE = No entregado

<LC = Menor al Límite de Cuantificación
 Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al SAE.
 Las opiniones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al SAE.
 ** Ensayo subconvaleado.
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad.
 Los datos marcados con cursiva y subrayados son proporcionados por el cliente

[Firma]
Responsable Técnico del Laboratorio

Figura 14. Reporte de análisis de suelo después de la cosecha en el cultivo de arroz Rodríguez, 2024.

ESTACIÓN EXPERIMENTAL LITORAL SUR
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 26 Vía Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
 Teléfono: 042724260 - 042724119 e-mail: labuelos.eels@iniap.gob.ec

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL SAE
N°OAE LE C 11-007

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre :	ARROZERA LA PALMA (ARROZPALMA) CIA. LTD.	Nombre :	ARROZERA LA PALMA (ARROZ)	Informe No. :	00292 - 24
Dirección :	VIA SAMBORONDON - LA VICTORIA KM UNO Y ME	Provincia :	GUAYAS	Responsable Muestreo :	Cliente
Ciudad :	SAMBORONDÓN	Cantón :	SAMBORONDÓN	Fecha Muestreo :	07/05/2024
Teléfono :	2024139	Parroquia :	SAMBORONDÓN	Fecha Ingreso :	11/05/2024
Fax :	N/E	Ubicación :	N/E	Condiciones Ambientales :	T°C: 25.0 %H: 57.0
				Factura No. :	10285
				Fecha Análisis :	24/05/2024
				Fecha Emisión :	25/05/2024
				Fecha Impresión :	27/05/2024
				Cultivo Actual :	ARROZ

N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml											
			* NH ₄	* P	K	* Ca	* Mg	* S	* Zn	Cu	* Fe	* Mn	* B	* Cl
79142	MUESTRA 1	7.4 PN	11 B	6 B	205 A	2918 A	1659 A	139 A	2.7 M	8.2 A	63 A	260.0 A	1.20 A	

Interpretación		pH	
NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S	MBL = Muy Ácido	BL = Basso	NL = Neutro
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	AL = Ácido	ML = Medio	LA = Lig. Alcalino
		BL = Muy Ácido	ML = Med. Alcalino
		AL = Lig. Ácido	AL = Alcalino
		PN = Pres. Neutro	BC = Resaca Cal

Determinación	Metodología	Extractante
NH ₄ , P	Colorimetría	Clas
K, Ca, Mg	Absorción	Multicada
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8.5
B	Turbidimetría	Fuente de Ca
S	Colorimetría	Molibdato
Cl	Volumetría	Punto Salzado
pH	Potenciometría	Suete: agua (1:2.5)

Niveles de Referencia Oatman			
Medio (ug/ml)			
NH ₄	20 - 40	Mg	121.0 - 243
P	10 - 20	S	10 - 20
K	78 - 156	Zn	2.0 - 7.0
Ca	800 - 1600	Cu	1.0 - 4.0

N/E = No entregado

<LC = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo

Los envases marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al SAE.

Las opiniones, interpretaciones, etc., que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al SAE.

* Ensayo subcontratado

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

Los datos marcados con cursiva y subrayados son proporcionados por el cliente

[Firma]
 Responsable Técnico del Laboratorio

[Firma]
 Responsable Técnico del Laboratorio

Página 1 de 3

Figura 15. Reporte de análisis de suelo después de la cosecha en el cultivo de arroz Rodríguez, 2024.



Figura 1: Semillero en su primera fase para su posterior trasplante

Rodríguez, 2024



Figura 2: Semillero a los 8 días para su posterior

Rodríguez, 2024



Figura 3: Semillero a los 15 días para su posterior trasplante.

Rodríguez, 2024



Figura 4: Trasplante de los diferentes tratamientos

Rodríguez, 2024



Figura 5: trasplante finalizado

Rodríguez, 2024

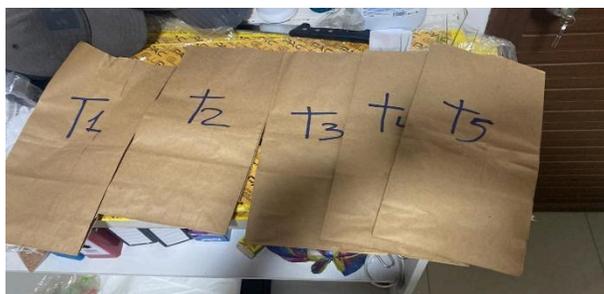


Figura 6: toma de muestra foliar para su análisis de laboratorio

Rodríguez, 2024



Figura 7: Muros de separación por cada tratamiento

Rodríguez, 2024



Figura 8: primera aplicación de fertilización del cultivo de arroz

Rodríguez, 2024



Figura 9: Evaluación fitosanitaria

Rodríguez, 2024



Figura 10: toma de medidas de altura de planta y número de macollos

Rodríguez, 2024



Figura 11: segunda aplicación de fertilizante en el cultivo de arroz

Rodríguez, 2024



Figura 12: Evaluación fitosanitaria en el cultivo de arroz

Rodríguez, 2024



Figura 13: Última aplicación de fertilizante en el cultivo de arroz

Rodríguez, 2024



Figura 14: conteo de números de macollos

Rodríguez, 2024



Figura 15: Toma de altura de planta

Rodríguez, 2024



Figura 16: Cosecha de cada uno de los tratamientos

Rodríguez, 2024



Figura 17: Peso de 1000 granos

Rodríguez, 2024

Tabla 14. Estadística descriptiva de la acumulación de Nitrógeno en la planta de arroz

N									
	Media	Error típico	Mediana	Moda	Moda	Desviación estándar de la muestra	Rango	Mínimo	Máximo
NPK	1,2875	0,042	1,275	1,2	0,085	0,007	0,2	1,2	1,4
NP	1,135	0,025	1,125	1,1	0,050	0,002	0,11	1,09	1,2
NK	1,05	0,086	1,05	0,9	0,173	0,03	0,3	0,9	1,2
PK	0,98	0,055	1 --		0,110	0,012	0,25	0,85	1,1
Testigo	<u>1</u>	<u>0,122</u>	<u>0,95</u>	<u>0,8</u>	<u>0,244</u>	<u>0,06</u>	<u>0,5</u>	<u>0,8</u>	<u>1,3</u>

Tabla 15. Estadística descriptiva de la acumulación de fosforo en la planta de arroz

P									
	Media	Error típico	Mediana	Moda	Moda	Desviación estándar de la muestra	Rango	Mínimo	Máximo
NPK	0,26	0,009	0,2	0,27	0,018	0,003	0,04	0,24	0,28
NP	0,22	0,012	0,2	0,22	0,024	0,001	0,06	0,19	0,25
NK	0,8	0,040	0,8	0,8	0,081	0,006	0,2	0,7	0,9

PK	0,725	0,062	0,7	0,7	0,125	0,015	0,3	0,6	0,9
Testigo	<u>0.2125</u>	<u>0.004</u>	<u>0.2</u>	<u>0.22</u>	<u>0.009</u>	<u>0.000</u>	<u>0.02</u>	<u>0.2</u>	<u>0.22</u>

Tabla 16. Estadística descriptiva de la acumulación de potasio en la planta de arroz

K

	Media	Error típico	Mediana	Moda	Moda	Desviación estándar de la muestra	Rango	Mínimo	Máximo
NPK	2,7375	0,051	2,75	2,75	0,103	0,01	0,25	2,6	2,85
NP	2,1975	0,016	2,21	2,21	0,032	0,001	0,07	2,15	2,22
NK	1,3875	0,051	1,375	1,3	0,103	0,01	0,2	1,3	1,5
PK	1,8825	0,063	1,92	1,92	0,126	0,01	0,29	1,7	1,99
Testigo	<u>2.31</u>	<u>0.096</u>	<u>2.24</u>	<u>2.24</u>	<u>0.166</u>	<u>0.02</u>	<u>0.31</u>	<u>2.19</u>	<u>2.5</u>

Tabla 17. Estadística descriptiva de la acumulación de calcio en la planta de arroz

Ca

	Media	Error típico	Mediana	Moda	Moda	Desviación estándar de la muestra	Rango	Mínimo	Máximo
NPK	0,347	0,010	0,345	0,33	0,020	0,001	0,04	0,33	0,37

NP	0,207	0,010	0,205	0,19	0,020	0,001	0,04	0,19	0,23
NK	0,207	0,010	0,205	0,19	0,020	0,001	0,04	0,19	0,23
PK	0,077	0,016	0,075	0,05	0,032	0,001	0,06	0,05	0,11
Testigo	<u>0,221</u>	<u>0,012</u>	<u>0,222</u>	<u>0,21</u>	<u>0,024</u>	<u>0,001</u>	<u>0,06</u>	<u>0,19</u>	<u>0,25</u>

Tabla 18. Estadística descriptiva de la acumulación de magnesio en la planta de arroz

Mg

	Media	Error típico	Mediana	Moda	Moda	Desviación estándar de la muestra	Rango	Mínimo	Máximo
NPK	0,182	0,007	0,18	0,17	0,015	0,000	0,03	0,17	0,2
NP	0,135	0,009	0,13	0,12	0,019	0,001	0,04	0,12	0,16
NK	0,135	0,009	0,13	0,12	0,019	0,001	0,04	0,12	0,16
PK	0,132	0,014	0,12	0,11	0,028	0,001	0,06	0,11	0,17
Testigo	<u>0,147</u>	<u>0,004</u>	<u>0,14</u>	<u>0,14</u>	<u>0,009</u>	<u>0,0000</u>	<u>0,02</u>	<u>0,14</u>	<u>0,16</u>