



Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

## **DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

### **Trabajo de Tesis**

**Densidad de siembra y niveles de nitrógeno y su  
efecto en el crecimiento, rendimiento y  
rentabilidad económica del cultivo de arroz  
(*Oryza sativa* L.) de riego**

#### **Autores**

**Br. José Miguel Gutiérrez Ruiz**  
**Br. José Habraham Ramón Figueroa García**

#### **Asesores**

**Ing. Agr. Miguel Jerónimo Ríos**  
**Ing. Agr. Salvador Ramón Gutiérrez Ruiz**

Presentado a la consideración del Honorable Comité  
Evaluador como requisito final para optar al grado de  
Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua**  
**Noviembre, 2025**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Roberto Carlos Larios González  
Presidente

MSc. Evert Francisco Herrera Fuentes  
Secretario

Ing. Luis Enrique Irias Benavides  
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 07 de noviembre del 2025

## **DEDICATORIA**

A Dios Todopoderoso, por permitirme alcanzar una de mis metas más importantes, concediéndome salud, sabiduría y la fortaleza necesaria para avanzar. A Él agradezco su infinita bondad, amor y guía en cada paso de este camino.

A mis padres, José Ramón Figueroa y Yadira Auxiliadora García Martínez, por su amor incondicional, sus valiosos consejos y su constante presencia en los momentos más difíciles. Su apoyo fue fundamental para mantenerme firme y alcanzar mis objetivos.

A mi hermana, Génesis Marcela Carolina Figueroa García, por su presencia constante, sus palabras de aliento y el apoyo incondicional que me brindó a lo largo de mi formación universitaria.

*Br. José Habraham Ramón Figueroa García*

## **DEDICATORIA**

A Dios todopoderoso por permitirme llegar a esta etapa por darme el entendimiento, La sabiduría y ayudarme en mis metas, a la virgencita de Guadalupe por su santa intercesión en todo momento de mi vida especialmente en los más difíciles.

A mis padres Salvador Gutiérrez Moran y Martha Azucena Ruiz Rivas, por ser base fundamental en mi vida, por su educación, consejos en el transcurso de mi vida, sobretodo su amor y cariño, siendo mi motivación y por lo que me inspira a seguir adelante luchando y a no rendirme también a mis abuelos Máximo Ruiz Sequeira y Lucia Isidora Rivas (q.e.p.d) por el apoyo incondicional, por sus ánimos, consejos y que me dan fortaleza por el amor que brindaron por siempre creer a mí.

A mi novia Sharon de Isabel Chavarría García, por su amor, cariño, el apoyo incondicional, sus consejos en mis momentos cruciales de dificultad, por motivarme a no rendirme y seguir luchando y poder salir adelante.

***Br. José Miguel Gutiérrez Ruiz***

## **AGRADECIMIENTO**

A Yerith Saith Dávila Gómez, por su incondicional amistad y respaldo económico en una de las etapas más exigentes de mi vida estudiantil. Gracias a su apoyo, me fue posible culminar esta etapa académica.

A todos los docentes de la Universidad Nacional Agraria, por compartir sus conocimientos, experiencias y vocación, contribuyendo significativamente a nuestra formación profesional. A la finca Santa María y a su propietario, por brindarme el espacio y la confianza para llevar a cabo este trabajo investigativo, esencial para la culminación de mis estudios.

A nuestros asesores Ing. Msc. Miguel Jerónimo Ríos e Ing. Salvador Ramón Gutiérrez Ruiz por su apoyo en este estudio experimental, compartir sus conocimientos y su paciencia.

A mi amiga y compañera de clases Leonela Fernanda Castillo Robles, por su apoyo constante a lo largo de la carrera, y a José Miguel Gutiérrez, por su amistad, confianza y el trabajo en equipo compartido durante nuestra investigación.

***Br: José Habraham Ramón Figueroa García***

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, a Dios infinitamente por el don de la vida y por llegar a culminar esta etapa de formación educativa y profesional.

A mi papá Salvador Gutiérrez Moran y mi mamá Martha Azucena Ruiz Rivas por el apoyo económico en mis etapas de estudios, por impulsarme a seguir adelante ese amor indescriptible que tienen a mí por ser muy pacientes, por sus consejos experiencia que me ayudan ser mejor persona día a día, la experiencia de sus vidas compartida que son la semilla de mi aprendizaje. A mi novia Sharon De Isabel Chavarría García por su dedicación, paciencia que siempre ha estado a mi lado apoyándome, por su amor y sus consejos animándome cada momento de desesperación de dificultad que es mi motivación para seguir adelante y siempre juntos.

A la Universidad Nacional Agraria y sus docentes que han aportado mucho a mi formación profesional, por brindar sus enseñanzas, consejos no solo de ámbito profesional, si no respecto a ser una mejor persona, por sus volares que he aprendido de ellos de igual manera motivarme en esta profesión.

A nuestros asesores Ing. Msc. Miguel Jerónimo Ríos e Ing. Salvador Ramón Gutiérrez Ruiz por compartir sus conocimientos, por apoyarnos para poder culminar nuestro estudio de tesis.

A la finca Santa María y a su propietario, por brindarme la confianza y el espacio para trabajar y realizar mi estudio de tesis, esencial para la culminación de mis estudios, además por los conocimientos que me brindaron.

A Leonela Fernanda Castillo Robles por ser gran amiga y compañera de clases y trabajo de equipo con que atravesamos y compartimos muchos momentos de estrés de dificultades en la carrera y mi compañero de tesis José Habraham Ramón Figueroa García su amistad, confianza y la unidad que tenemos para poder culminar nuestro estudio durante la carrera y tesis.

***Br. José Miguel Gutiérrez Ruiz***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>SECCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>DEDICATORIA</b>	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b>	iii
<b>AGRADECIMIENTO</b>	iv
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	v
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	vii
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	viii
<b>RESUMEN</b>	ix
<b>ABSTRACT</b>	x
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
2.1 <b>Objetivo general</b>	3
2.2 <b>Objetivos específicos</b>	3
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	4
3.1 <b>Altura de planta</b>	4
3.2 <b>Macollamiento (números de hijos)</b>	4
3.3 <b>Exerción</b>	5
3.4 <b>Números de panículas por planta</b>	5
3.5 <b>Números de granos por panículas</b>	6
3.6 <b>Peso de 1 000 granos</b>	6
3.7 <b>Fertilidad del grano</b>	7
3.8 <b>Rendimiento</b>	7
3.9 <b>Análisis económico</b>	8
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	9
4.1 <b>Ubicación del estudio</b>	9
4.2 <b>Descripción de la variedad</b>	9

4.3	Diseño metodológico	10
4.3.1	Diseño experimental	10
4.4	Variables evaluadas	11
4.4.1	Variables de crecimiento	11
4.4.2	Variables de rendimiento	12
4.4.3	Análisis económico	13
4.5	Recolección de datos	13
4.6	Análisis de datos	13
4.7	Manejo de factores no sujeto a evaluación	14
4.7.1	Manejo agronómico	14
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>16</b>
5.1	Altura de planta (cm)	16
5.2	Macollamiento (números de hijos)	17
5.3	Excerción (cm)	18
5.4	Número de panículas por planta	19
5.5	Número de granos por panícula	20
5.6	Peso de 1 000 granos	22
5.7	Fertilidad del grano	22
5.8	Rendimiento	23
5.9	Análisis económico de los tratamientos	24
5.9.1	Presupuesto parcial de los tratamientos	24
5.9.2	Análisis de dominancia	25
5.9.3	Tasa de retorno marginal	26
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>28</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>29</b>
<b>VIII.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>30</b>
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>34</b>

---

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Descripción de los tratamientos en el experimento	10
2.	Alturas de planta (cm) según densidades de siembra y niveles de nitrógeno	17
3.	Macollamiento y exerción según densidades de siembra y niveles de nitrógeno	19
4.	Números de panículas por planta, según densidades de seimbra y niveles de nitogeno	20
5.	Números de granos por panículas, según densidades de siembra y niveles de nitrógeno	21
6.	Peso de 1 000 granos y fertilidad del grano, según densidades de siembra y nivel de nitrógeno	23
7.	Rendimiento, según las densidades de siembra y niveles de nitrógeno	24
8.	Presupuesto parcial	25
9.	Análisis de dominancia	26
10.	Tasa de retorno marginal	28

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXOS</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Plano de campo	35
2.	Estadísticos de medias de dos densidades de siembra y tres niveles de nitrógeno en cultivo de arroz	36
3.	Semillas de densidad de siembra 2 (142 kg ha <sup>-1</sup> )	37
4.	Semillas de densidad de siembra 1 (129kg ha <sup>-1</sup> )	37
5.	Pesaje de niveles de nitrógenos	37
6.	Fertilización nitrogenada en cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.)	37
7.	Medición de altura de la planta	38
8.	Medición de altura en la plnata	38
9.	Medición de ejerción	38
10.	Conteo de panículas por planta	38
11.	Pesaje para calcular rendimiento	39
12.	Conteo de 250 granos para pesaje de 1 000 granos	39

## RESUMEN

El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) es de suma importancia para el consumo de la población de Nicaragua, por lo cual es necesario potenciar cada vez más los rendimientos mediante la adaptación de nuevas tecnologías y un manejo agronómico eficiente, considerando el agua, la semilla, los insumos y la nutrición. Debido a la importancia del cultivo de arroz, se realizó este experimento para evaluar su comportamiento bajo riego, ya que muchos productores emplean altas densidades de siembra y dosis excesivas de nitrógeno sin optimizar los recursos, lo que puede generar estrés y competencia entre plantas. Es por eso el objetivo de este estudio es evaluar el comportamiento del cultivo de arroz de riego mediante dos densidades de siembra y tres niveles de nitrógeno, bajo un arreglo factorial de bloques al azar (BCA), con cuatro repeticiones y las variables evaluadas fueron altura de planta, número de hijos, ejerción, panículas por planta, granos por panículas, peso de 1000 granos fertilidad del grano y rendimiento sujeta un análisis de varianza con diferencias mínimas significativas (DMS,  $\alpha=0.05$ ). La interacción de densidad de siembra y niveles de nitrógeno tuvo efecto significativo en número de granos por panícula, rendimiento. En cuanto al factor densidad de siembra en tercera fecha de evaluación, en la altura, tercera fecha del macollamiento, ejerción, fertilidad de grano y con los niveles de nitrógeno en el peso de 1000 grano, fertilidad del grano, en cuanto la variable de panículas por planta no mostró ningún efecto significativo. El mejor tratamiento se obtuvo con la densidad de siembra de 142 kg ha<sup>-1</sup> y nivel de nitrógeno de 148 kg ha<sup>-1</sup> con excelente rendimiento y rentabilidad económica.

**Palabras clave:** Lazarroz, semillas, tratamientos

## ABSTRACT

The cultivation of rice (*Oryza sativa* L.) is extremely important for the consumption of the Nicaraguan population, which is why it is necessary to increasingly boost yields by adapting new technologies and efficient agronomic management, taking into account water, seeds, inputs, and nutrition. Due to the importance of rice cultivation, this experiment was conducted to evaluate its performance under irrigation, as many producers use high planting densities and excessive doses of nitrogen without optimizing resources, which can cause stress and competition among plants. Therefore, the objective of this study is to evaluate the performance of irrigated rice cultivation using two planting densities and three nitrogen levels, under a randomized block factorial (RBF) design, with four replicates. The variables evaluated were plant height, number of tillers, tillering, panicles per plant, grains per panicle, weight of 1000 grains, grain fertility, and yield, subject to analysis of variance with minimum significant differences (MSD,  $\alpha=0.05$ ). The interaction of planting density and nitrogen levels had a significant effect on number of grains per panicle and yield. Regarding the planting density factor on the third evaluation date, in terms of height, third date of tillering, tillering, grain fertility, and nitrogen levels in the weight of 1000 grains, grain fertility, the variable of panicles per plant did not show any significant effect. The best treatment was obtained with a planting density of 142 kg ha<sup>-1</sup> and a nitrogen level of 148 kg ha<sup>-1</sup> with excellent yield and economic profitability.

**Key words:** Lazarroz, seeds, treatment

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) es una gramínea y un cultivo milenario, hoy en día existen muchas variedades que favorecen la producción, además las nuevas prácticas mejoradas que se han desarrollado así lo han demostrado en zonas tropicales, el suministro adecuado de agua es determinante para el incremento de los rendimientos. Además, el arroz es de suma importancia ya que este cereal en mayor parte es exclusivamente para la alimentación humana (Reyes, 2003).

En Nicaragua es un alimento importante por el consumo de los habitantes, además ha incrementado su producción siendo útil para la economía del país, en el ciclo del 2022/2023 registra un crecimiento de 2.5 % comparándolo al año anterior, con una producción de 6.1 millones de quintales oro, de los cuales 5.3 millones de quintales oro corresponde al arroz bajo un sistema de riego por inundación y los 773 576 quintales oro bajo el sistema de secano (MAG, 2023).

En el rubro del arroz es esencial la densidad de siembra y la fertilización ya que esto marca ciertas diferencias, incidiendo directamente en la rentabilidad, calidad y rendimiento del cultivo. Según Jiménez *et al.*, (2009) En los sistemas de producción manejados tradicionalmente, los protagonistas del sector arrocero utilizan altas densidades de siembra, lo que genera competencia intraespecífica por luz, agua y nutrientes, incrementa los costos de producción y puede reducir el vigor de las plantas.

Jiménez *et al.*, (2009) menciona que los productores acostumbran a realizar siembras con altas densidades por hectárea, esto incrementa costos de inversión, los rendimientos pueden disminuir por la competencia entre las mismas plantas por luz, y nutrientes lo cual ocasiona plantas con menos vigor y mayor susceptibilidad a los patógenos, plagas y malezas; de este modo se disminuye la densidad poblacional del cultivo.

De manera similar, el nitrógeno, aunque esencial para el crecimiento y la productividad, requiere un manejo eficiente. El uso excesivo de este nutriente no necesariamente se traduce en mayores

rendimientos, pero sí incrementa los costos de producción y el riesgo ambiental (Arias *et al.*, 2020).

A pesar de los avances en el manejo del cultivo, existe limitada información para los productores sobre cómo la interacción entre densidad de siembra y dosis de nitrógeno afecta el crecimiento, rendimiento y rentabilidad económica del arroz.

La finalidad del estudio fue generar evidencia experimental que permita identificar las combinaciones de densidad y fertilización nitrogenada más eficientes en términos fisiológicos y productivos, así como su viabilidad económica, contribuyendo a mejorar la toma de decisiones en el manejo del cultivo y a optimizar el uso de insumos dentro de los sistemas arroceros de la región.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Determinar el efecto de diferentes densidades de siembra y niveles de nitrógeno sobre el crecimiento, rendimiento y rentabilidad económica del cultivo de arroz.

### **2.2 Objetivos específicos**

Cuantificar el efecto de dos densidades de siembra y tres niveles de nitrógeno en la altura de planta, número de hijos por planta, longitud de excreción de la hoja bandera.

Evaluar la respuesta del cultivo a las densidades de siembra y dosis de nitrógeno en el número de panículas por planta, número de granos por panícula, peso de 1 000 granos, fertilidad del grano y rendimiento.

Analizar la interacción entre densidad de siembra y dosis de nitrógeno y su influencia conjunta en la rentabilidad económica del cultivo de arroz.

### **III. MARCO DE REFERENCIA**

La densidad de siembra es un parámetro de manejo agronómico relacionado con el crecimiento y rendimiento de los cultivos, así como la dosis de fertilización. El uso combinado de adecuadas densidades de siembra y los niveles de nutrientes, permite que los cultivos expresen su potencial de rendimiento y amenore los costos de producción.

Aristizabal (2011) indica que, en sistemas de siembra de arroz de riego, cuando se hace la preparación por el método de fangueo, la densidad de siembra se calcula por la cantidad de kilogramos de semilla en una hectárea. Moquete (2010) recomienda no usar altas densidades ya que no es factible en el manejo racional del cultivo.

#### **3.1 Altura de planta**

La altura de planta es un indicador clave del crecimiento vegetativo del arroz, reflejando la capacidad del cultivo para desarrollarse bajo determinadas condiciones ambientales y de manejo. Este parámetro está influenciado por factores genéticos, disponibilidad de nutrientes, condiciones climáticas y prácticas de cultivo (Singh et al., 2018; Kumar y Sharma, 2020).

Estudios realizados por González et al. (2019) y Li et al. (2021) han demostrado que la interacción entre la densidad de siembra y los niveles de nitrógeno tiene un efecto significativo sobre la altura de planta. Por ejemplo, densidades más bajas combinadas con dosis óptimas de nitrógeno favorecen un mayor desarrollo en altura, mientras que altas densidades pueden limitar el crecimiento debido a la competencia por luz y nutrientes.

#### **3.2 Macollamiento (números de hijos)**

El macollamiento o número de hijos se presenta en la etapa vegetativa, este es un indicador de crecimiento relacionado al rendimiento. El macollamiento es un carácter cuantitativo que depende de características genéticas y ambientales como la temperatura. La formación del

macollo se ve limitada cuando las temperaturas son bajas, así como el manejo conjunto de la densidad de siembra y fertilización. (Cardoza y Gonzáles, 2004).

La densidad de siembra y los niveles de nitrógenos determinan un buen macollamiento, esto da como resultado mayores rendimientos. En dependencia de las variedades, el número de macollos pueden ser de 10 a más (Flores, 2017).

### **3.3 Ejerción**

Es un aspecto fundamental para un buen llenado de granos de las espiguillas. De acuerdo a Salazar y Hernández (2004) la ejerción se considera como la capacidad que poseen las panículas de emerger completamente de la hoja bandera. Esta característica se considera un defecto de origen genético; sin embargo, también puede ser influenciada por factores ambientales y la presencia de enfermedades.

Zamora y Díaz (2022) señalan que la ejerción no es significativa respecto a la interacción de los factores (densidad de siembra y niveles de nitrógeno), pero si con el nitrógeno ya que mayores cantidades aumenta la ejerción de la panícula.

### **3.4 Números de panículas por planta**

Esta variable permite medir condiciones que favorecen al rendimiento en el cultivo del arroz. Es un parámetro en dependencia genética de las variedades, manejo agronómico, condiciones ambientales. Al momento de tener una panícula definida el proceso de maduración se aproxima a 30 días después de la floración. (Meza y Romero, 2017).

Zamora (2012) estudio la interacción entre densidad de siembra y niveles de nitrógeno, y reporta que el número de panículas por planta cuando se utiliza  $160 \text{ kg N ha}^{-1}$  y  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de semilla.

### **3.5 Números de granos por panículas**

Es un indicador fundamental, componente del rendimiento, a su vez con la fertilidad del grano; el número de granos dependerá de la variedad y su manejo agronómico. Zeledón (1993) menciona que la condición climática influye con la cantidad de granos, si la irradiación solar es alta durante la etapa reproductiva se forma mayor cantidad de granos debido que esto favorece a la fotosíntesis y se produce aumento de carbohidratos.

El número de granos por panícula según Zamora y Díaz (2022) no tiene significancia con la densidad de siembra y niveles de nitrógeno, determinando que de manera independiente si existió efecto con la dosis de siembra de 78 kg ha<sup>-1</sup> con promedio de 144.20 y nivel de nitrógeno de 120 kg ha<sup>-1</sup> con promedio de 141.80 granos por panícula.

### **3.6 Peso de 1 000 granos**

El peso de mil granos constituye un atributo genéticamente estable bajo condiciones de cultivo favorables y está determinado principalmente por la variedad. Sin embargo, el rendimiento puede incrementarse mediante la selección de semillas con mayor masa individual, destacando que los granos largos y extralargos presentan los valores más elevados, oscilando típicamente entre 25 y 35 gramos.

De acuerdo con Meza y Romero (2016) una inadecuada combinación de fertilización y densidad de siembra en conjunto con bajas temperaturas durante la etapa de maduración fisiológica del cultivo influyen sobre el porcentaje de granos completamente maduros. Con temperaturas medias diarias inferiores a 18 °C, el peso de 1000 granos disminuye.

### **3.7 Fertilidad del grano**

Para lograr que las plantas de arroz presenten una adecuada fertilidad de grano hay que garantizar un buen manejo de todo el cultivo desde que se selecciona la semilla, su desinfección, pre germinado si es necesario, hasta su establecimiento en campo. Se debe garantizar un óptimo fertilizado que permita a la planta una buena nutrición para que tenga una mayor resistencia al ataque de posibles plagas y enfermedades que puedan afectar el desarrollo y producción. Así como realizar control de malezas para evitar que compitan con el cultivo por espacio, nutrientes y luz solar Meza y Gomez (2016)

CIAT (1983) señala que se debe procurar que el cultivo no se vea afectado por la presencia de plagas, malezas, o enfermedades que lo ataquen y lo perjudiquen. Con un buen manejo agronómico y un crecimiento apropiado se obtiene un alto rendimiento. Que se obtenga un grano fértil garantizará una buena producción, que, acompañado de una buena calidad, permite que se obtengan mayores ingresos económicos.

### **3.8 Rendimiento**

El rendimiento es una medida clave de la productividad del cultivo, influenciado por diversos factores agronómicos y ambientales. Estudios han demostrado que la combinación de densidad de siembra y niveles de nitrógeno afecta significativamente el rendimiento del arroz. Por ejemplo, investigaciones realizadas por Zheng et al. (2021) indican que una mayor densidad de siembra, combinada con una aplicación adecuada de nitrógeno, puede mejorar el rendimiento del arroz en condiciones de suelos salinos y alcalinos.

Además, Wei et al. (2021) encontraron que una reducción en la aplicación de nitrógeno, junto con una mayor densidad de siembra, mejora la eficiencia en el uso del nitrógeno y mantiene un rendimiento elevado del grano. Estos hallazgos sugieren que prácticas de manejo que optimicen la densidad de siembra y la aplicación de nitrógeno pueden ser efectivas para mejorar el rendimiento del arroz.

### **3.9 Análisis económico**

El propósito de hacer un análisis económico es el de obtener suficiente evidencia que las opciones tecnológicas que se están proponiendo son factibles económicamente para los productores, en términos de generación de beneficios directos e indirectos medidos por unidades monetarias, de este modo el productor puede utilizar esta información para mejorar su productividad (CYMMIT, 1998)

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación del estudio

El experimento se estableció en la Finca Santa María ubicada en el municipio de Malpaisillo, León, comunidad Che Guevara, localizada a 97.2 kilómetros de la ciudad de Managua. Se localiza en un área tropical de sabana, que se caracteriza por una marcada estación seca de seis a siete meses de duración. La finca se localiza en las coordenadas 12°36'49'' de latitud norte y 86°35'11' de longitud oeste, predominan temperaturas máximas de 32 °C y mínimas de 24 °C. (Google Earth, 2024)

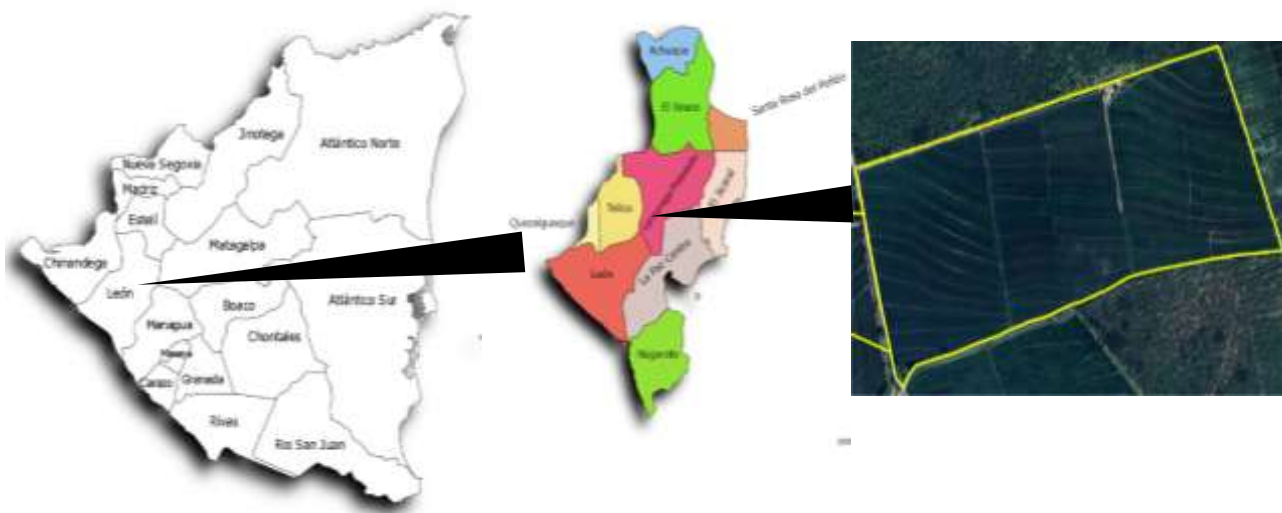


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Finca Santa María, Malpaisillo, León

### 4.2 Descripción de la variedad

Se trata de una variedad de alto rendimiento agrícola con buena calidad molinera, de macollamiento intermedio y con resistencia al acame, la floración ocurre entre 75 a 80 días después de la germinación y se cosecha entre 115 días a 120 días, esta variedad es tolerante al Virus de la Hoja Blanca, pero susceptible a *Pyricularia oryzae*, *Rhizoctonia solani* y *Burkholderia glumae*. Su rendimiento es de 8-9 toneladas por hectárea. Además, ofrece buena

calidad tanto molinera como culinaria, y tiene tolerancia al retraso en la cosecha. (Vignola *et al*, 2018)

### 4.3 Diseño metodológico

#### 4.3.1 Diseño experimental

Para este experimento se utilizó un arreglo bifactorial en diseño de un B.C.A (bloques completos al azar) con cuatro repeticiones, cada unidad experimental se conformó de un área 15 m<sup>2</sup> y entre cada unidad experimental un espaciamiento de un metro, el área total fue de 525 m<sup>2</sup>. Los factores evaluados son los siguientes: factor A: densidad de siembra y factor B: Niveles de nitrógeno, distribuido al azar en toda el área experimental.

En el cuadro 1. se observa la distribución de los tratamientos, la combinación del factor A (densidad de siembra) y factor B (niveles de nitrógenos) para un total de seis tratamientos por cuatro repeticiones, un total 24 parcela experimentales.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos en el experimento

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción (densidad de siembra y nitrógeno)</b>	<b>Factor A (Densidad de siembra)</b>	<b>Factor B (niveles de nitrógeno)</b>
T <sub>1</sub>	129 kg ha <sup>-1</sup> -148 kg N ha <sup>-1</sup>	A1: 129 kg ha <sup>-1</sup> (11 955 593 plts/ ha <sup>-1</sup> )	B1: 148 kg N ha <sup>-1</sup>
T <sub>2</sub>	129 kg ha <sup>-1</sup> 178 kg N ha <sup>-1</sup>		
T <sub>3</sub>	129 kg ha <sup>-1</sup> 208 kg N ha <sup>-1</sup>	A2:142 kg ha <sup>-1</sup> (13 515 152 plts/ ha <sup>-1</sup> )	B2: 178 kg N ha <sup>-1</sup>
T <sub>4</sub>	142 kg ha <sup>-1</sup> 148 kg N ha <sup>-1</sup>		
T <sub>5</sub>	142 kg ha <sup>-1</sup> 178 kg N ha <sup>-1</sup>		
T <sub>6</sub>	142 kg ha <sup>-1</sup> 208 kg N ha <sup>-1</sup>		B3: 208 kg N ha <sup>-1</sup>

Respecto a la fertilización, al momento de la siembra se aplicó la fórmula de completo 12-56-0, de manera homogénea en todo el experimento es decir un solo nivel con cantidades (15.48 kg N ha<sup>-1</sup> y 72.74 kg P ha<sup>-1</sup> ha) luego se realizaron tres fertilizaciones aplicando urea (46%), su aplicación se realizó de manera estratificada a lo largo del ciclo, la primera con el 50%, la

segunda el 25% y la tercera el 25%, las últimas dos se mezclaron con Potasio (k) con un nivel de  $77.4 \text{ kg K ha}^{-1}$  utilizando la formula MOP (0-0-60).

#### **4.4 Variables evaluadas**

Para evaluar las variables de crecimiento y rendimientos todos los muestreos se hicieron de manera aleatoria mediante un metro cuadrado.

##### **4.4.1 Variables de crecimiento**

En cada unidad experimental se realizó tres muestreos con un metro cuadrado y en cada punto se seleccionaron diez plantas al azar (Matamoros, 2022).

##### ***Altura de planta***

Según Oviedo y Treminio, (2008) para determinar esta variable se realizó aleatoriamente con una cinta métrica o regla desde la base del tallo hasta el fin de la hoja más grande en etapa vegetativa en el momento del desarrollo hasta la panícula más alta excluyendo su arista.

##### ***Macollamiento***

Cada planta seleccionada al azar se hizo conteos de macollos al igual este consto de tres fechas de evaluación.

##### ***Exerción***

Se utilizó una cinta métrica para medir la distancia entre el nudo ciliar y el cuello de la hoja bandera durante la fase de grano lechoso.

#### **4.4.2 Variables de rendimiento**

En el centro de cada unidad experimental se hizo solo un punto de muestreo con el metro cuadrado para restringir el efecto de los bordes debido a factores bióticos y abióticos, seleccionando diez plantas al azar.

##### ***Número de panículas por planta***

De modo aleatorio en cada unidad experimental se tomó un conteo de cantidad de panículas por cada planta.

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

Se tomará una muestra representativa de panículas, posteriormente se contabilizará la cantidad de granos de cada panícula.

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

Se pesaron 250 granos al azar en cada unidad experimental como una muestra representativa y el promedio se multiplico por cuatro, de esta manera se obtuvo el resultado de 1000 granos expresado un porcentaje de humedad de 13. (Salazar y Hernández, 2004)

##### ***Fertilidad del grano***

Se llevó a cabo un recuento de granos vanos y granos completos, posteriormente calcular el porcentaje de fertilidad de los granos, tomando en cuenta el número total de granos por panícula en estado de madurez fisiológica. (Zamora y Díaz , 2022)

## ***Rendimiento***

Se determinó mediante la cosecha de manera manual, se aporreo y se pesó la muestra de cada punto de muestreo denominado como parcela útil y se expresó en  $\text{kg ha}^{-1}$ .

### **4.4.3 Análisis económico**

Según el CIMMYT, (1988), el paso inicial para realizar un análisis económico de ensayos en campo es calcular los costos que varían para cada uno de los tratamientos, es decir costos relacionados con insumos, mano de obra, preparación del suelo. Los costos variables totales en el estudio se determinaron con relación al costo de los fertilizantes y la semilla empleada. Los rendimientos obtenidos fueron reducidos en un 10 % a fin de reflejar las diferencias entre el rendimiento experimental y el rendimiento que los productores podrían obtener utilizando la misma tecnología.

### **4.5 Recolección de datos**

Las variables de crecimiento evaluadas se tomaron cuatro fechas distintas, 30, 50, 61 y 90 días después de la siembra. Debido que el cultivo se hizo tres fertilizaciones nitrogenadas, el efecto de la aplicación se observan de seis a ocho días después de la aplicación de la urea se evaluó la altura y macollamiento a excepción de la excursión esta se tomó una sola fecha, 90 días después de la siembra cuando la planta una vez florecida estaba en estado lechoso de grano, las variables de rendimiento se realizaron a los 123 días después de la siembra del 2025, alcanzando la madurez fisiológica.

### **4.6 Análisis de datos**

El registro de la base de datos se hizo en una hoja de Excel Microsoft 2020, tomando en cuenta los datos cuantitativos de cada variable, posterior el análisis de varianza (ANDEVA) se sometió

prueba de diferencia mínima significativa de (DMS  $\alpha=0.05$ ) mediante el programa Minitab 16. El análisis se efectuó empleando el modelo aditivo lineal correspondiente a un arreglo factorial bajo un diseño de bloques completos al azar (BCA).

$Y_{ijk} = \mu + a_i + B_j + (a\beta)_{ij} + p_k + \epsilon_{ijk}$ ..... Donde:

**i:** 1,2,3 . . . . . a            Niveles de factor A

**j:** 1.2.3 . . . . . b            Niveles de factor B

**k:** 1.2.3 . . . . . r            Repeticiones o bloques

**Y<sub>ijk</sub>:** La k-ésima observación del i-j-ésimo tratamiento.

**$\mu$ :** Media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento.

**$a_i$ :** Efecto del i-ésimo nivel del factor A, a estimar a partir de los datos del experimento.

**$B_j$ :** Efecto debido al j-ésimo nivel del factor B, a estimar a partir de los datos del experimento.

**$(a\beta)_{ij}$ :** Efecto de interacción entre los factores A y B.

**$p_k$ :** Efecto del k-ésimo bloque.

#### 4.7 Manejo de factores no sujeto a evaluación

##### 4.7.1 Manejo agronómico

Se pasó un rolo para reincorporar los rastrojos de cosecha con el objetivo de mejorar las condiciones del suelo, luego se hizo un pase con el rotavator seguido del banqueo o fanguero, posterior a eso, cinco días después del fanguero se realizó la siembra al voleo; el riego fue con una lámina de agua de 15 cm y de manera temporal, ya que se drenaron para que pueda recibir rayos solares, posteriormente a los 15 días después de la germinación se estableció lámina de agua de manera permanente.

De igual modo se hizo aplicaciones para promover el crecimiento de las raíces con prorum que contiene 55% Fosforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 0.28% ácido naftalenacético (ANA), 0.02 ácido indobutírico (AIB), 2% ácidos fúlvicos y 31.70% acondicionadores e inertes. El control de malezas se hizo de manera sintética, aplicando herbicidas post emergente

Kinetic que es un dispersante adyudante, Aura 20 EC (Profoxydim), Xevelo 17,2 EC (Florpybauxifen-Benzil, Cyhalofop) y Champion Ultra (Triclopyr).

El manejo fitosanitario se realizó de manera preventiva, en la zona de estudio las plagas más frecuentes son: la sogata (*Tagosode orizicolus*), langosta (*Spodoptera exigua*) y chinche de arroz (*Oebalus insularis*) este último es crítico durante la floración, para su control se utilizó Ubertop 25.5 DC (Acetamiprid – Emamectina), Aplplaud (Buprofezin) e Imidratina 10 EC (Imidacloprid – Ciflutrina 10 EC).

Además, se hizo aplicaciones preventivas para el control del hongo (*Pyricularia oryzae*) utilizando Kasumin (Kasugamicina) en la etapa de máximo macollamiento. Al momento que el cultivo se encontraba con un 20% de floración se realizó aplicaciones preventivas de bacterias al igual hongos y cuando tenía de un 80 a 90% de floración se realizó la protección de espigas y así reducir daños a las panículas, lo cual se usó Aspen 50 SC (Flutriafol), Bacter-Stop (Estreptomicina – Oxitetraciclina) y Starner (Ácido Oxilínico)

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Altura de planta (cm)

La altura de planta es un indicador morfológico relevante del crecimiento vegetativo de la planta de arroz, estrechamente asociada a la acumulación de biomasa y al aprovechamiento de recursos como luz, agua y nutrientes (Maurya *et al.*, 2020).

Los resultados indican que no existe interacción significativa entre densidad de siembra y dosis de nitrógeno, por lo que ambos factores se analizan de manera independiente.

En relación con la densidad de siembra, no se registran diferencias estadísticas en las dos primeras fechas de evaluación (30 y 50 después de la siembra), sin embargo, a los 61 días después de la siembra se existe un efecto significativo ( $p = 0.0001$ ), obteniendo mayor altura de planta con la densidad de  $142 \text{ kg ha}^{-1}$  de siembra (Cuadro 2).

Respecto al nitrógeno, se observaron diferencias significativas en la segunda ( $p = 0.0123$ ) y tercera evaluación y ( $p < 0.0001$ ). La mayor altura se registró con la dosis de  $208 \text{ kg N ha}^{-1}$ , lo que representa un incremento de  $11.76 \text{ cm}$  frente a la dosis de  $148 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Este comportamiento está en correspondencia con lo reportado por Hussain *et al.* (2022), quienes señalaron que mayores dosis de nitrógeno estimulan la expansión foliar y la fotosíntesis, generando incrementos significativos en la altura de planta. Maurya *et al.* (2020) documentaron una tendencia general de incremento en altura con el aumento de la fertilización nitrogenada.

Cuadro 2. Alturas de planta (cm) según densidades de siembra y niveles de nitrógeno

<b>Densidad de siembra</b>	<b>Altura de planta (cm)</b>		
	30 dds (cm)	50 dds (cm)	61 dds(cm)
129 kg ha <sup>-1</sup>	38.73	67.48	85.70 b
142 kg ha <sup>-1</sup>	40.18	69.15	89.38 a
$p \geq 0.05$	0.3232	0.5376	0.0145
<b>Niveles Nitrógeno</b>			
148 kg ha <sup>-1</sup>	37.25	62.01 b	81.70 c
178 kg ha <sup>-1</sup>	39.93	70.25 ab	87.45 b
208 kg ha <sup>-1</sup>	41.18	72.69 a	93.46 a
$p \geq 0.05$	0.0990	0.0123	<0.0001
CV (%)	8.76	9.47	3.72

dds: Días después de la siembra

## 5.2 Macollamiento (números de hijos)

El macollamiento constituye una fase crítica en el desarrollo del arroz, caracterizada por la emisión de tallos secundarios a partir del tallo principal. Este proceso ocurre generalmente entre los 35 y 50 días después de la siembra y determina, en gran medida, el número de panículas y, el rendimiento final del cultivo (Garcés y Medina, 2018).

Debido a que no existe diferencia estadística en la interacción densidad de siembra y dosis de nitrógeno, los factores se analizan de forma independiente.

La densidad de siembra, en las dos primeras evaluaciones presento diferencias estadísticas, sin embargo, a los 61 dds se registró un efecto significativo ( $p = 0.006$ ), obteniéndose el mayor número de hijos con la densidad de 129 kg ha<sup>-1</sup>. Esto sugiere que densidades más bajas favorecen la capacidad de la planta para emitir macollas, posiblemente a la menor competencia intraespecífica por luz y nutrientes (Cuadro 3).

No se observan diferencias significativas en ninguna de las fechas de evaluación respecto a las dosis de nitrógeno, lo que indica que, bajo las condiciones de esta investigación, la dosis de nitrógeno no ejerció un efecto determinante en la capacidad de macollamiento de las plantas de arroz.

Cardoza y González (2004) reportaron rangos entre siete y 10 macollos por planta. Los valores observados en este estudio fueron inferiores (Cuadro 3), lo que puede atribuirse a que las líneas utilizadas por estos autores, en su mayoría, líneas promisorias, tienen mayor capacidad de macollamiento respecto a la variedad comercial Lazarroz.

La variable número de hijos fue más influenciada por la densidad de siembra que por las dosis de nitrógeno, siendo la densidad de 129 kg ha<sup>-1</sup> la que permitió un mayor macollamiento, lo que indica la importancia de un manejo adecuado de la densidad de siembra como una estrategia para optimizar el potencial de rendimiento.

### **5.3 Ejerción (cm)**

La ejerción es una variable morfológica fundamental en el proceso de selección de genotipos de arroz, ya que una adecuada emergencia de la panícula contribuye a evitar problemas de esterilidad y deficiente llenado de los granos, además de reducir el riesgo de daños por patógenos en la panícula (Zeledón, 1993).

Los resultados indican que no existe un efecto en la interacción entre densidad de siembra y niveles de nitrógeno, por lo que ambos factores se analizan de manera independiente.

Se observó un efecto significativo ( $p = 0.0014$ ) para la densidad de siembra, registrándose una mayor ejerción con la densidad de 142 kg ha<sup>-1</sup> (4.42 cm). En cuanto al nitrógeno, no se registra diferencia estadística (Cuadro 3).

De acuerdo con la clasificación propuesta por Salazar y Hernández (2004, p. 9), una buena ejerción se presenta cuando el nudo ciliar se ubica 8 cm o más por encima del cuello de la hoja

bandera; se considera moderada de 4 a 7 cm, casi definida de 1 a 3 cm, parcial cuando el 50 % de las panículas presentan entre 3 y 4 cm, y deficiente cuando el 50 % o más de las panículas exceden los 4 cm. En este estudio, el promedio obtenido se clasifica dentro de la categoría moderada, lo que sugiere la presencia de un ligero porcentaje de esterilidad. Este comportamiento podría atribuirse a las condiciones ambientales registradas durante el mes de enero, cuando ocurrieron precipitaciones que favorecieron la incidencia del hongo *Pyricularia oryzae*.

Cuadro 3. Macollamiento y ejerción siembra según densidades de siembra y niveles de nitrógeno

<b>Densidad de siembra</b>	macollamiento 30 dds	macollamiento 50 dds	macollamiento 61 dds	Exerción 90 dds (cm)
129 kg ha <sup>-1</sup>	3.43	5.58	5.95 a	3.63 b
142 kg ha <sup>-1</sup>	3.28	5.43	5.20 b	4.42 a
$p \geq 0.05$	0.6705	0.7073	0.0068	0.0014
<b>Niveles Nitrógeno</b>				
148 kg ha <sup>-1</sup>	2.94	5.61	6.03	4.04
178 kg ha <sup>-1</sup>	3.43	5.89	5.43	4.11
208 kg ha <sup>-1</sup>	3.70	5.03	5.28	3.93
$p \geq 0.05$	0.1891	0.2188	0.0501	0.7483
CV (%)	23.84	17.43	10.50	10.50

dds: días después de la siembra

#### 5.4 Número de panículas por planta

La panícula del arroz está compuesta por flores que forman una estructura ramificada, constituida por un eje principal que emerge del último tallo, denominado nudo ciliar. La parte superior se conoce como raquis y la parte inferior como pedúnculo o cuello, el cual puede estar cubierto total o parcialmente por la hoja bandera (Arregocés, 2005).

Los resultados indican que no existe interacción entre la densidad de siembra y los niveles de nitrógeno, por lo que ambos factores se analizan de manera independiente. Se observó que el factor densidad de siembra no presentó diferencias significativas ( $p = 0.1821$ ), registrándose el mayor promedio con la densidad de 142 kg ha<sup>-1</sup>, con 12.60 panículas por planta. En cuanto a los niveles de nitrógeno, tampoco se detectó un efecto significativo ( $p = 0.0638$ ), obteniéndose el mayor promedio con el nivel de 208 kg N ha<sup>-1</sup> (13.21 panículas por planta) (Cuadro 4).

Según Huacón (2011, p. 18), “el número de panículas por planta oscila entre 18 y 20”, lo que indica que los valores obtenidos en este estudio se encuentran por debajo del promedio. Este resultado podría atribuirse a que el material evaluado corresponde a una línea cuyos progenitores provienen del cruzamiento IN69-M9-1 / IN19, por lo que presenta diferencias fenotípicas y genotípicas respecto a otras variedades, además de haberse desarrollado bajo condiciones ambientales distintas.

Cuadro 4. Números de panículas por planta, según densidades de siembra y niveles de nitrógeno

<b>Densidad de siembra</b>	<b>Nº Panícula planta<sup>-1</sup></b>
129 kg ha <sup>-1</sup>	11.49
142 kg ha <sup>-1</sup>	12.60
$p \geq 0.05$	0.1821
<b>Niveles Nitrógeno</b>	
148 kg ha <sup>-1</sup>	10.73
178 kg ha <sup>-1</sup>	12.20
208 kg ha <sup>-1</sup>	13.21
$p \geq 0.05$	0.0638
CV (%)	16.11

### 5.5 Número de granos por panícula

El número de granos por panícula constituye uno de los factores más determinantes en el rendimiento del cultivo de arroz, al estar directamente relacionado con la fertilidad de la panícula. Esta variable depende principalmente de la longitud y densidad de las ramificaciones que conforman la panícula (Soto, 1991, como se citó en Torres *et al.*, 2000).

Se registra diferencias significativas en la interacción entre densidad de siembra y niveles de nitrógeno ( $p = 0.0001$ ), lo que indica que el efecto de un factor depende del nivel del otro. El mayor número de granos por panícula se obtuvo en el tratamiento T6 (142 kg ha<sup>-1</sup> 208 kg N ha<sup>-1</sup>), con un promedio de 174.80 granos, mientras que el menor valor se registró en el tratamiento T (129 kg ha<sup>-1</sup> 148 kg N ha<sup>-1</sup>) con 137.35 granos por panícula

Estos resultados (Cuadro 5) superan los reportados por Zamora (2012), quien observó una interacción significativa entre la densidad de siembra de 80 kg ha<sup>-1</sup> y un nivel de nitrógeno de 160 kg N ha<sup>-1</sup>, alcanzando un promedio de 134 granos por panícula. Esta diferencia puede atribuirse a las variaciones genéticas del material vegetal y a las condiciones ambientales contrastantes entre ambos estudios.

Una densidad de siembra adecuada favorece un crecimiento óptimo de las plantas, mayor número de macollos y una panícula con más granos, al reducir la competencia intraespecífica y permitir una mejor captación de luz solar. Esto mejora la eficiencia fotosintética y, en consecuencia, la utilización de nutrientes, especialmente el nitrógeno. Zhou *et al.* (2019) señalan que “la capacidad fotosintética de las hojas y el rendimiento de grano están estrechamente relacionados con la fertilización nitrogenada” (p. 15).

El incremento excesivo en la densidad de siembra puede reducir el rendimiento del cultivo debido a la disminución de la irradiación solar en las hojas inferiores, producto del sombreado generado por plantas adyacentes, lo que limita la absorción de nutrientes, incluyendo el nitrógeno (Zhou *et al.*, 2019). De acuerdo con Torres *et al.* (2018), el nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo del arroz, ya que su deficiencia afecta directamente la formación y llenado de los granos.

Cuadro 5. Números de granos por panículas, según densidades de siembra y niveles de nitrógeno

Tratamientos	Descripción (densidad de siembra y nitrógeno)	NGPP
T <sub>6</sub>	142 kg ha <sup>-1</sup> 208 kg N ha <sup>-1</sup>	174.80 a
T <sub>3</sub>	129 kg ha <sup>-1</sup> 208 kg N ha <sup>-1</sup>	151.65 b
T <sub>5</sub>	142 kg ha <sup>-1</sup> 178 kg N ha <sup>-1</sup>	145.78 bc
T <sub>2</sub>	129 kg ha <sup>-1</sup> 178 kg N ha <sup>-1</sup>	145.28 bc
T <sub>4</sub>	142 kg ha <sup>-1</sup> 148 kg N ha <sup>-1</sup>	141.98 c
T <sub>1</sub>	129 kg ha <sup>-1</sup> -148 kg N ha <sup>-1</sup>	137.35 c
$p \geq 0.05$		0.0001
CV (%)		2.70

Ngpp: números de granos por panículas

## 5.6 Peso de 1 000 granos

El peso de 1 000 granos es fundamental en la etapa de maduración, con las condiciones óptimas del ambiente y en dependencia de la variedad con un adecuado manejo en la nutrición y densidades de siembra favorece el incremento del rendimiento (López, 1991, como se citó en Oviedo y Treminio, 2008).

Debido a que no se presentó diferencias estadísticas en la interacción densidad de siembra y niveles de nitrógeno, los factores se analizan de manera independiente.

En el factor densidad de siembra no se registra diferencias estadísticas, pero si, en los niveles de nitrógenos se observaron diferencias estadísticas ( $p = 0.0013$ ), obteniendo el mayor peso de con el nivel de 208 kg N ha<sup>-1</sup>. Este indica que a mayor cantidad de nitrógeno se obtiene un aumento del peso del grano.

Ruiz y Centeno (2007) reportan “mayores pesos por 1 000 granos con las líneas POB-34, CT156914-3-4-2-3-M, POB1-11 con 32.77, 31.03, y 29.30 gramos” (p. 22) los valores encontrados en este estudio fueron superiores (Cuadro 6), lo que puede atribuirse a que nuestro cultivo es una variedad mejorada y lo reportado por estos autores son líneas promisorias no establecida.

## 5.7 Fertilidad del grano

La fertilidad del grano es un indicador del rendimiento relevante en la calidad productiva del cultivo, relacionado con los nutrientes, luz y agua para un mejor llenado de granos (Xu *et al.*, 2023). Debido que no existe diferencia significativa entre la densidad de siembra y niveles de nitrógeno, ambos factores se analizan de manera independiente. (Cuadro 6).

Con la densidad de siembra se registra un efecto significativo ( $p = 0.0059$ ), con la densidad más alta de 142 kg ha<sup>-1</sup> se obtuvo un 35.25 % de fertilidad de grano (Cuadro 6). Una densidad más

alta mejora el microclima y la disponibilidad de nutrientes en la panícula incrementado el llenado de granos (Xu *et al.*, 2023).

En relación a los niveles de nitrógenos se registraron diferencias significativas ( $p= 0.0453$ ), el mayor porcentaje de fertilidad de grano se registró con el nivel de 208 kg N ha<sup>-1</sup>, lo que representa un incremento de 35.75 %. Esto coincide con lo reportado de Xu *et al.* (2023), quienes encontraron que una alta disponibilidad de nitrógeno mejora la movilidad de los carbohidratos y el llenado de los granos para una mejor fertilidad de grano.

Cuadro 6. Peso de 1 000 granos y fertilidad del grano, según densidades de siembra y nivel de nitrógeno

<b>Densidad de siembra</b>	<b>P 1000 (Gramos)</b>	<b>Fertilidad del grano (%)</b>
129 kg ha <sup>-1</sup>	86.51	30.25 b
142 kg ha <sup>-1</sup>	86.49	35.25 a
$p \geq 0.05$	0.9875	0.0059
<b>Niveles Nitrógeno</b>		
148 kg ha <sup>-1</sup>	83.93 b	31.75 ab
178 kg ha <sup>-1</sup>	85.84 b	30.75 b
208 kg ha <sup>-1</sup>	89.74 a	35.75 a
$p \geq 0.05$	0.0013	0.0453
CV (%)	2.96	11.68

P 1000: peso de 1000 gramos

## 5.8 Rendimiento

El rendimiento es el indicador determinante del éxito productivo, reflejando la eficacia del cultivo en convertir recursos ambientales y agronómicos en biomasa cosechable (Liu *et al.*, 2024).

El análisis de varianza a un 95% de confianza mostró diferencias significativas ( $p= 0.0251$ ) entre la densidad de siembra y los niveles de nitrógeno, lo que implica que el efecto de uno depende del valor del otro (Cuadro 7). El mayor rendimiento se obtuvo del T<sub>6</sub>, 142 kg ha<sup>-1</sup> 208 kg N ha<sup>-1</sup>, mientras el menor valor se registró con el tratamiento T<sub>2</sub>, 129 kg ha<sup>-1</sup> 178 kg N ha<sup>-1</sup>. Esto sugiere que el tratamiento T<sub>6</sub> aún se encuentra en un rango óptimo con respecto a la

densidad de siembra permitiendo una adecuada captación de luz, agua y nutrientes y respecto al nitrógeno que se promueva un mayor llenado y peso del grano.

Este comportamiento está relacionado con los hallazgos reportado por Liu *et al.* (2024), quienes demostraron que la coordinación entre nitrógeno y densidad permite regular mejor la distribución de luz y nitrógeno en el dosel, lo que incrementa el rendimiento y la eficiencia de uso nutricional en arroz. Zhou *et al.* (2022), como se citó en Tian *et al.*, (2022) mostraron que en cultivos de cereales al aumentar la densidad junto con niveles moderados de nitrógeno optimiza la interceptación de radiación fotosintéticamente activa y eleva los rendimientos.

Cuadro 7. Rendimiento según densidades de siembra y niveles de nitrógeno

Tratamientos	Descripción (densidad de siembra y nitrógeno)	Rendimientos	Categoría
T <sub>6</sub>	142 kg ha <sup>-1</sup> 208 kg N ha <sup>-1</sup>	9151.00 kg ha <sup>-1</sup>	<u>a</u>
T <sub>5</sub>	142 kg ha <sup>-1</sup> 178 kg N ha <sup>-1</sup>	8738.25 kg ha <sup>-1</sup>	ab
T <sub>4</sub>	142 kg ha <sup>-1</sup> 148 kg N ha <sup>-1</sup>	8461.75 kg ha <sup>-1</sup>	abc
T <sub>3</sub>	129 kg ha <sup>-1</sup> 208 kg N ha <sup>-1</sup>	8355.50 kg ha <sup>-1</sup>	bc
T <sub>1</sub>	129 kg ha <sup>-1</sup> -148 kg N ha <sup>-1</sup>	8120.75 kg ha <sup>-1</sup>	bc
T <sub>2</sub>	129 kg ha <sup>-1</sup> 178 kg N ha <sup>-1</sup>	7935.00 kg ha <sup>-1</sup>	<u>c</u>
$p \geq 0.05$		0.0251	
CV (%)		3.63	

## 5.9 Análisis económico de los tratamientos

### 5.9.1 Presupuesto parcial de los tratamientos

Es de suma importancia, su propósito es tener los costos y beneficios del tratamiento en el estudio experimental y así no solo ver la efectividad agronómica de los tratamientos, sino también la parte económica del productor lo que conllevara al tomar una mejor decisión. (CYMMYT, 1988).

Para calcular los costos y beneficios bruto en campo, los rendimientos se ajustaron a un 10 % y para calcular el beneficio bruto en campo se multiplicó por el precio de venta de granza húmeda a 20.24 C\$ y con la suma del costo de la semilla y urea se obtuvo los costos variables

y lo beneficios netos fue mediante la resta del beneficio bruto con los costos variables.  
(Cuadro 8)

Cuadro 8. Presupuesto parcial

Tratamientos	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	8120.7	7935	8355.5	8461.7	8738.2	9151
Rendimiento ajustado (kg ha <sup>-1</sup> )	7308.6	7141.5	7519.9	7615.5	7864.4	8235.9
Beneficio bruto en campo (C\$ ha <sup>-1</sup> )	147927.5	144543.9	152203.7	154139.2	159175.9	166694.6
Costo de la semilla (C\$)	4676.2	4677.2	4678.2	5147.5	5148.5	5147.5
Costo de urea (C\$)	7816.6	9382.3	10938.4	7816.6	9382.3	10938.4
Costos que varían (C\$ ha <sup>-1</sup> )	12492.8	14059.5	15616.6	12964.1	14530.8	16085.9
Beneficios netos (C\$ ha <sup>-1</sup> )	135434.7	130484.3	136587.1	141175.1	144645.1	150608.7

T<sub>1</sub>: 129 kg ha<sup>-1</sup>-148 kg N ha<sup>-1</sup>, T<sub>2</sub>: 129 kg ha<sup>-1</sup> 178 kg N ha<sup>-1</sup>, T<sub>3</sub>: 129 kg ha<sup>-1</sup> 208 kg N ha<sup>-1</sup>, T<sub>4</sub>: 142 kg ha<sup>-1</sup> 148 kg N ha<sup>-1</sup>, T<sub>5</sub>: 142 kg ha<sup>-1</sup> 178 kg N ha<sup>-1</sup>, T<sub>6</sub>: 142 kg ha<sup>-1</sup> 208 kg N ha<sup>-1</sup>.

### 5.9.2 Análisis de dominancia

Luego del presupuesto parcial los datos fueron ordenados de manera ascendente, los costos variables con relación a los beneficios netos ayudo a considerar que tratamientos obtuvieron dominancia o no. (cuadro 9)

Los tratamientos dominantes se representan cuando los costos variables aumentan y el beneficio neto aumenta de manera proporcional en comparación a los demás tratamientos, los tratamientos no dominantes son aquellos cuyos costos variables son menores que los

costos variables de otros tratamientos y los beneficios netos son mayores en comparación a los tratamientos dominantes. (CYMMYT, 1988).

El análisis señala que el T<sub>1</sub> (Densidad 129 kg ha<sup>-1</sup>- Nivel de N 148 kg ha<sup>-1</sup>) y el T<sub>4</sub> (Densidad 142 kg ha<sup>-1</sup>- Nivel de N 148 kg ha<sup>-1</sup>) no son dominados (ND).

Cuadro 9. Análisis de dominancia

Tratamientos	Descripción (densidad de siembra y nitrógeno)	Costos que varían (C\$ ha <sup>-1</sup> )	Beneficios netos (C\$ ha <sup>-1</sup> )	Dominancia
T <sub>1</sub>	129 kg ha <sup>-1</sup> -148 kg N ha <sup>-1</sup>	12492.8	135434.7	ND
T <sub>4</sub>	142 kg ha <sup>-1</sup> 148 kg N ha <sup>-1</sup>	12964.1	141175.1	ND
T <sub>2</sub>	129 kg ha <sup>-1</sup> 178 kg N ha <sup>-1</sup>	14059.5	130484.3	D
T <sub>5</sub>	142 kg ha <sup>-1</sup> 178 kg N ha <sup>-1</sup>	14530.8	144645.1	D
T <sub>3</sub>	129 kg ha <sup>-1</sup> 208 kg N ha <sup>-1</sup>	15616.6	136587.1	D
T <sub>6</sub>	142 kg ha <sup>-1</sup> 208 kg N ha <sup>-1</sup>	16085.	150608.7	D

T<sub>1</sub>: densidad de siembra 1+ nivel de nitrógeno 1, T<sub>2</sub>: densidad de siembra 1+ nivel de nitrógeno 2, T<sub>3</sub>: densidad de siembra 1 + nivel de nitrógeno 3, T<sub>4</sub>: densidad de siembra 2 + nivel de nitrógeno 1, T<sub>5</sub>: densidad de siembra 2 + nivel de nitrógeno 2, T<sub>6</sub>: densidad de siembra 2 + nivel de nitrógeno 3

### 5.9.3 Tasa de retorno marginal

Determina la ganancia por cada córdoba que invierte el productor de este modo se determina la rentabilidad del mejor tratamiento, el valor se obtiene mediante la división del beneficio neto marginal con el costo marginal multiplicándolo por 100. (CYMMIT, 1988).

El análisis de los tratamientos T<sub>1</sub> (129 kg ha<sup>-1</sup> de semilla y 148 kg N ha<sup>-1</sup>) y T<sub>4</sub> (142 kg ha<sup>-1</sup> de semilla y 148 kg N ha<sup>-1</sup>) no dominantes (ND) que presentan que el tratamiento más rentable es el T<sub>4</sub>, se obtuvo que el valor de la tasa marginal es de 1 218 % lo que significa que por cada 1 C\$ invertido puede ganar el córdoba y 12.18 C\$ adicionales. (Cuadro 10)

Cuadro 10. Tasa de retorno marginal

Tratamientos	Costos que varían (C\$/ha <sup>-1</sup> )	Costos marginales (C\$/ha <sup>-1</sup> )	Beneficios netos (C\$/ha <sup>-1</sup> )	Beneficios neto marginal (C\$/ha <sup>-1</sup> )	TRM	TRM %
T <sub>1</sub>	12492.85	471.25	135434.732	5740.406	12.18	1218
T <sub>4</sub>	12964.1		141175.138			

T<sub>1</sub>: 129 kg ha<sup>-1</sup>-148 kg N ha<sup>-1</sup>, T<sub>4</sub>: 142 kg ha<sup>-1</sup> 148 kg N ha<sup>-1</sup>

## VI. CONCLUSIONES

La densidad de siembra de  $142 \text{ kg ha}^{-1}$  y la aplicación de  $208 \text{ kg N ha}^{-1}$  promovieron una mayor altura de planta, mientras que el macollamiento y la ejerceración de la hoja bandera se favorecieron con la densidad más baja ( $129 \text{ kg ha}^{-1}$ ) de manera independiente de las dosis de nitrógeno. El crecimiento vegetativo responde de forma diferenciada a cada factor de manejo, destacando la relevancia de ajustar la densidad según el componente morfológico que se busca optimizar.

El rendimiento del arroz estuvo determinado por la interacción entre la densidad de siembra igual a  $142 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $208 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrógeno, combinación que generó el mayor número de granos por panícula y el mayor rendimiento en grano. Además, el peso de 1 000 semillas se incrementó con la aplicación de  $208 \text{ kg N ha}^{-1}$ , mientras que la fertilidad del grano respondió de forma independiente a cada factor, alcanzando valores superiores tanto con la densidad de  $142 \text{ kg ha}^{-1}$  como con la mayor dosis de nitrógeno. La eficiencia productiva depende de un manejo integrado de ambos factores.

El análisis económico reveló que el tratamiento T4 ( $142 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $148 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) fue el más rentable, con una tasa de retorno marginal de 1 218 %, lo que indica que por cada córdoba invertido el productor obtiene 12.18 C\$ adicionales. A pesar de que el tratamiento T6 ( $142 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $208 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) alcanzó el mayor rendimiento ( $9 151 \text{ kg ha}^{-1}$ ), el incremento en los costos asociados a la fertilización redujo su eficiencia económica.

Estos resultados demuestran que el mayor rendimiento es obtenido a base del T4 ( $142 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $148 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) ya que es estadísticamente son iguales a los demás tratamientos, estos no garantizan una mayor rentabilidad y nos demuestra que el equilibrio entre densidad de siembra y dosis de nitrógeno debe orientarse hacia maximizar el beneficio neto más que la producción absoluta. En consecuencia, el manejo agronómico óptimo para el sistema productivo analizado corresponde al uso de dosis moderadas de nitrógeno combinadas con densidades intermedias, que permiten sostener altos rendimientos con una inversión más eficiente.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda emplear una densidad de siembra de  $142 \text{ kg ha}^{-1} + 148 \text{ kg N ha}^{-1}$ , ya que esta interacción proporcionó la mayor rentabilidad económica, con una relación favorable entre costos de producción y rendimiento obtenido
2. Ajustar la fertilización nitrogenada según la disponibilidad de agua y condiciones climáticas para evitar pérdidas y acame.
3. Priorizar aplicaciones preventivas en etapa vegetativa del cultivo para disminuir daños por nematodos.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Arias Badillas, J. G., Esquivel Segura, E. A. y Campos Rodríguez, R. (2020). Evaluación de la densidad de siembra y nivel de fertilización en arroz, para las variedades Palmar-18, Lázaro FL y Nayuribe FL, en Parrita (Pacífico Central), Costa Rica. *Tecnología en marcha* 33(3), 14-24. [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/4363/4991](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/4363/4991)
- Aristizabal Quintero, D. (2011). *El cultivo del arroz*. [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17983/42672\\_46751.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17983/42672_46751.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Arregocés, O. (2005). *Morfología del cultivo de arroz*. [https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Culture-plantés-alimentaires/FICHES\\_PLANTES/riz/Morfologia\\_planta\\_arroz.pdf](https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Culture-plantés-alimentaires/FICHES_PLANTES/riz/Morfologia_planta_arroz.pdf)
- Cardoza López, I. y González Dávila, E. (2004). *Evaluación y prueba avanzada de rendimiento de catorce líneas promisorias y dos variedades comerciales de arroz (Oryza sativa L.) bajo condiciones de riego en el valle de Sébaco, Matagalpa. Primera 2003*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1881/1/tmf30c268.pdf>
- CYMMYT. (1998). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos*. <https://repository.cimmyt.org/server/api/core/bitstreams/ac4c267d-bdf2-4b1c-a46b-97d85442c0eb/content>
- Garcés Varón, G. y Medina Rubio, J.H. (2018) *La fisiología del cultivo de arroz en el programa AMTEC. FEDEARROZ*. [https://fedearroz-website.s3.amazonaws.com/media/documents/cartilla\\_fisiologia.pdf](https://fedearroz-website.s3.amazonaws.com/media/documents/cartilla_fisiologia.pdf)
- Google earth. (2024). Ubicación Finca Santa María. [https://earth.google.com/web/search/malpaisillo/@12.61488879,-86.58859844,79.83204655a,2144.53741893d,35y,0.00033021h,0t,0r/data=CiwiJgokCdKsE1DDQylAEeZig9BMLylAGWMXt46NpFXAIe65Ueplp1XAQgIIAToDCgEwSg0I\\_\\_\\_\\_\\_ARAA](https://earth.google.com/web/search/malpaisillo/@12.61488879,-86.58859844,79.83204655a,2144.53741893d,35y,0.00033021h,0t,0r/data=CiwiJgokCdKsE1DDQylAEeZig9BMLylAGWMXt46NpFXAIe65Ueplp1XAQgIIAToDCgEwSg0I_____ARAA)
- Huacón Galarza, J. F. (2011). *Estudio de métodos y densidades de siembra en una línea promisorio de arroz en condiciones de secano*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador]. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/69/T-UTB-FACIAG-AGR-000006.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Hussain, T., Hussain, N., Ahmed, M., Nualsri, C y Duangpan, S. (2022). Impact of Nitrogen application rates on Upload Rice Performance, Planted under varying sowing times. *Sustainability*. 14(4) 1-17. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/4/1997>

- Jiménez, O., Silva, R. y Cruz, J. (2009). Efecto de densidades de siembra sobre el rendimiento de arroz (*Oryza sativa* L.) en el municipio Santa Rosalía esta Portuguesa, Venezuela. *Unell.Cienc.* (27) 32-41 <http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/ruct/article/view/129/123>
- Liu, Z., Shang, L., Dai, S., Ye, J., Sheng, T., Deng, J., Liu, K., Fahad, S., Tian, X., Zhang, Y., & Huang, L. (2024). Optimizing nitrogen application and planting density improves yield and resource use efficiency via regulating canopy light and nitrogen distribution in rice. *Journal of Integrative Agriculture*.1-28. [https://www.researchgate.net/publication/379809893\\_Optimizing\\_nitrogen\\_application\\_and\\_planting\\_density\\_improves\\_yield\\_and\\_resource\\_use\\_efficiency\\_via\\_regulating\\_canopy\\_light\\_and\\_nitrogen\\_distribution\\_in\\_rice](https://www.researchgate.net/publication/379809893_Optimizing_nitrogen_application_and_planting_density_improves_yield_and_resource_use_efficiency_via_regulating_canopy_light_and_nitrogen_distribution_in_rice)
- Matamoros Cano, A. M. (2022). *Evaluación fitosanitaria y del rendimiento de tres variedades de arroz (Oryza sativa L.) en El Jicaral, León, 2020* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4528/1/tnh20m425a.pdf>
- Maurya, R., Dorechand, S. T., Shullai, H. J., Kurkalang, S. M y Momin, T. G. (2020). Effect of nitrogen fertilization on rice: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9(3) 2127-2130. [https://www.researchgate.net/publication/371293451\\_Effect\\_of\\_nitrogen\\_fertilization\\_on\\_rice\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/371293451_Effect_of_nitrogen_fertilization_on_rice_A_review)
- Ministerio agropecuario (MAG). (2023). La producción nacional de arroz registro un crecimiento de 2.5% en el 2022. <https://www.mag.gob.ni/index.php/noticias?view=article&id=64:produccionnac=11>
- Moquete, C. (2010). *El cultivo de arroz*. CEDA. <https://cedaf.org.do/wp-content/uploads/2022/08/Arroz.pdf>
- Oviedo Rodríguez, J. A. y Treminio Hurtado, J. L. (2008). *Evaluación agronómica de nueve líneas avanzadas de arroz (Oryza sativa L.) de riego, el valle de Sébaco, Matagalpa*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria] Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/2069/1/tnf30o96.pdf>
- Reyes, Discua, N. (2003). *Manual técnico para consultores agrícolas y productores programa de arroz*. SAG. <https://dicta.gob.hn/files/2003,-Manual-cultivo-de-arroz,-L.pdf>
- Ruiz Espinoza, S. y Centeno Velásquez, N. G. (2007). *Evaluación del comportamiento agronómico de 11 líneas avanzadas de arroz (Oryza sativa L.) en el valle de Sébaco, durante en la época de postrera del 2006*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/2044/1/tnf30r934.pdf>
- Salazar Hatcher, R. A. y Hernández, R (2004). *Evaluación y Prueba avanzada de rendimiento de siete líneas promisorias y ocho variedades comerciales de arroz (Oryza sativa L.) bajo condiciones de secano en Altamira, San Lorenzo, Boaco. Primera 2003*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional <https://repositorio.una.edu.ni/2718/1/tnf01s161e.pdf>

- Tian, P., Liu, J., Zhao, Y., Huang, Y., Lian, Y., Wang, Y. y Ye. Y. (2022). Nitrogen rates and plant density interaction enhance radiation interception, yield, and nitrogen use efficiencies of maize. *Frontiers in Plant Science*. 13, 1-13. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.974714/full#B61>
- Torres Cárdenas, M. J, Ruíz Potoy, L. E. y González Espinoza, M. (2000), *Caracterización de siete (7) líneas de arroz (Oryza sativa L.) en el municipio de Rivas*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/748/1/tnf30t693c.pdf>
- Torres García, A., Héctor Ardisana, E. F., Cué García. J. y Cevallos Vallejos, M. (2018) *Fisiología Vegetal: Nutrición hídrica y mineral de las plantas*. Ediciones UTM. [https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Hector-Ardisana/publication/324975554\\_Fisiologia\\_Vegetal\\_Volumen\\_I\\_Nutricion\\_hidrica\\_y\\_mineral\\_de\\_las\\_plantas/links/5aee76df458515f5998309eb/Fisiologia-Vegetal-Volumen-I-Nutricion-hidrica-y-mineral-de-las-plantas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Hector-Ardisana/publication/324975554_Fisiologia_Vegetal_Volumen_I_Nutricion_hidrica_y_mineral_de_las_plantas/links/5aee76df458515f5998309eb/Fisiologia-Vegetal-Volumen-I-Nutricion-hidrica-y-mineral-de-las-plantas.pdf)
- Vignola, R., Poveda Coto, K., Watler, W., Vargas Céspedes, A., Berrocal Solís, Á y Morales, M. (2018). *Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en Costa Rica*. CATIE. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8148.pdf>
- Xu, W., Li, J., Feng, J., Shao, Z., Huang, Y., Hou, W., & Gao, Q. (2023). Nitrogen and potassium interactions optimized asynchronous spikelet filling and increased grain yield of japonica rice. *Peerj*. 2-20. <https://peerj.com/articles/14710/#>
- Zamora Freire, J. F. (2012). *Efectos de densidades de siembra y niveles de nitrógenos en el rendimiento de la línea promisorio de arroz Go-38426 en condiciones de riego*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador]. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/967/T-UTB-FACIAG-AGR-000173.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zamora Laguna, E. J. y Díaz Sevilla, O. G. (2022). *Evaluación de cuatro niveles de nitrógenos y tres dosis de siembra en arroz (Oryza sativa L.) var. NutreZinc en el valle de Sébaco, 2020-2021* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4491/1/tnf04z25.pdf>
- Zeledón R, P. (1993). *Estudio de observación de 112 líneas de arroz (Oryza sativa L.) VIOAL-92, bajo ecosistema de riego en la localidad de Malacatoya*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1519/1/tnf30z49.pdf>
- Zhou, C., Huang, Y., Jia, B., Wang, S., Dou, F., Samote, S. O., Chen, K. y Wang, Y. (2019). Optimization of nitrogen rate and planting density for improving the grain yield of different rice genotypes in Northeast China. *Agronomy*, 9(9) 1-18. <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/9/555>
- Flores Ponte, J. J. (2017). *“Efecto de cuatro niveles de nitrógeno, en tres densidades de siembra directa al voleo del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) cv INIA 507 La Conquista, bajo riego en*

*La Provincia de Toacache San Martín*". [Tesis de ingeniería, Universidad Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/64a2fc8e-20b7-418d-b543-16838250715f/content>

Gong, Y. L., Lei, Y., Zhang, X. P., Yan, B. C., Ju, X. T., Cheng, X. Y., Zhang, J. D., Sun, X. Y., Xu, H., y Chen, W. F. (2022). Nitrogen rate and plant density interaction enhances grain yield by regulating the grain distribution of secondary branches on the panicle axis and photosynthesis in japonica rice. *Photosynthetica*, 60(2), 179–189. <https://doi.org/10.32615/ps.2022.002>

Zhao, L., Zhou, H., Tang, L., Na, Y., Duan, S., Zheng, D., Feng, N., y Shen, X. (2024). Optimizing nitrogen dosage and planting density to improve Japonica rice yield. *Agronomy*, 14(8), 1738. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081738>

Zheng, H., Chen, Y., Chen, Q., Li, B., Zhang, Y., Jia, W., Mo, W., y Tang, Q. (2020). High-density planting with lower nitrogen application increased early rice production in a double-season rice system. *Agronomy Journal*, 112(1), 205–214. <https://doi.org/10.1002/agj2.20033>

Meza Meza, P. J. y Romero Gómez, J. A. (2017). *Comportamiento agronómico, rendimiento productivo y calidad industrial de trece genotipos y una variedad comercial de arroz (Oryza sativa L.) bajo condiciones de riego en el Valle de Sébaco, Matagalpa, II Semestre 2016*. [Monografía de grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/4698/1/5824.pdf>

Centro Internacional de Agricultura Tropical. Sistema de Evaluación Estándar para Arroz. (1983). Programa de Pruebas Internacionales de Arroz. Manual Arroceros, Traductor y Adaptador. Cali, Colombia. [http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/annual\\_report/Ciat%20Informe%201983.pdf](http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/annual_report/Ciat%20Informe%201983.pdf)



Descriptor	Bloque	Nivel	Dens	Nivel*Dens	R <sup>2</sup>	% CV
Variables de crecimiento						
Altura de la planta	0.28	0.0001	0.32	0.25	0.78	7.31
Número de hijos	0.18	0.05	0.67	0.23	0.70	10.50
Excursión	0.15	0.74	0.001	0.53	0.61	12.20
Variables de rendimiento						
Peso de mil semillas	0.08	0.001	0.98	0.24	0.74	2.96
Numero de grano por panícula	0.09	0.06	0.03	0.12	0.68	8.92
Fertilidad	0.05	0.04	0.005	0.21	0.72	11.68
Numero de panículas por planta	0.11	0.07	0.02	0.14	0.66	6.80
Rendimiento	0.017	0.016	0.0001	0.25	0.78	3.63

Nivel=niveles de nitrógeno. Dens= densidad de siembra.

CM= Cuadrado medio. R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación. CV= Coeficiente de variación  
 Anexo 2. Estadísticos de medias de dos densidades de siembra y tres niveles de nitrógeno en cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.).



Anexo 3. Semillas de densidad de siembra 7 (129 kg ha<sup>-1</sup>)



Anexo 4. Semillas de densidad de siembra 2 (142 kg ha<sup>-1</sup>)



Anexo 5. Pesaje de niveles de nitrógeno



Anexo 6. Fertilización nitrogenada en cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)



Anexo 7. Medición de altura de la planta



Anexo 8. Medición de altura de la planta



Anexo 9. Medición de exarjón.



Anexo 10. Conteo de panículas por planta



Anexo 11. Pesaje para calcular rendimiento



Anexo 12. Conteo de 1 000 granos