

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE

EVALUACIÓN DE DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA Y DOSIS DE
NITRÓGENO EN LÍNEAS AVANZADAS DE ARROZ BAJO RIEGO PARA MEJORAR
LA SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN

VÍCTOR RAÚL CÓRDOBA CONCEPCIÓN

Tesis presentada como requisito para obtener el grado de
Magister en Ciencias Agrícolas con Énfasis en Producción
Agrícola Sostenible

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2024

EVALUACIÓN DE DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA Y DOSIS DE
NITRÓGENO EN LÍNEAS AVANZADAS DE ARROZ BAJO RIEGO PARA MEJORAR
LA SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN
TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉFASIS EN PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA SOSTENIBLE

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DEPARTAMENTO DE POSTGRADO Y MAESTRÍA

PERMISO PARA SU PUBLICACION, REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DEBE
SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

APROBADO:

Mgter. Rubén Darío Samaniego

DIRECTOR

Mgter. Luis Alberto Barahona

ASESOR

Mgter. José Nazario Rivera

ASESOR

LAS TABLAS, LOS SANTOS

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2024

DEDICATORIA

A mis padres, Enid y Manuel, quienes son el pilar de la familia, por guiarme por el buen camino y estar presentes en todo.

VÍCTOR.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia, a Dios por el preciado don de la vida y por haberme permitido culminar satisfactoriamente esta nueva meta a nivel superior.

Con toda sinceridad al Magister: Rubén Darío Samaniego, asesor del presente proyecto investigativo, por todo su valioso apoyo, orientaciones y conocimientos suministrados, lo cual ha sido de suma importancia.

A los magister: Luis Alberto Barahona Amores y José Nazario Rivera, por sus valiosas orientaciones y comprensión.

VÍCTOR.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	viii
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
I. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
1.1. El cultivo de arroz en Panamá	4
1.2. Fenología de la planta de arroz en Panamá	7
1.2.1. Germinación:.....	7
1.2.2. Plántula	8
1.2.3. Macollamiento	9
1.2.4. Máximo macollamiento.....	9
1.2.5. Formación del primordio floral (diferenciación de la panícula)	9
1.2.6. Elongación del tallo	10
1.2.7. Desarrollo de la panícula.....	10
1.2.8. Floración	10
1.2.9. Estado grano lechoso.....	11
1.2.10. Estado de grano pastoso	11
1.2.11. Maduración	12
1.3. Factores físicos y químicos para el cultivo de arroz.....	12

1.3.1.	Precipitación pluvial	13
1.3.2.	Temperatura	13
1.3.3.	Radiación solar	14
1.3.4.	Intensidad lumínica.....	14
1.3.5.	Duración lumínica	14
1.3.6.	Humedad relativa.....	14
1.3.7.	Viento	15
1.4.	Enfermedades del cultivo de arroz.....	15
1.4.1.	Añublo de la hoja (<i>Pyricularia grisea</i> Sacc.)	16
1.4.2.	Añublo de la vaina (<i>Rhizoctonia solani</i> Kuhn)	16
1.4.3.	Escaldado de la hoja (<i>Gerlachia oryzae</i>)	16
1.4.4.	Mancha café (<i>Helminthosporium oryzae</i> Breda de Hann)	17
1.4.5.	Añublo bacterial (<i>Burkholderia glumae</i>).....	17
1.4.6.	Pudrición fungosa de la vaina (<i>Sarocladium oryzae</i> Sawada-Gams y Hawsk)	17
1.4.7.	Falso carbón (<i>Ustilaginoidea virens</i> (Cooke)	18
1.4.8.	Pudrición bacteriana de la vaina (<i>Pseudomonas fuscovaginae</i> (Tanii, <i>Miyajima and Akita</i>)	18
1.4.9.	Tizón foliar bacteriano (<i>Xanthomonas oryzae</i>)	18
1.5.	Requerimientos nutricionales del cultivo de arroz.....	18
1.6.	Malezas en el cultivo de arroz de riego.....	24
1.7.	Densidad de siembra	28
II.	MATERIALES Y MÉTODOS	31
2.1.	Localización geográfica	31
2.2.	Material genético	31
2.3.	Arreglo en campo y manejo agronómico	32

2.3.1. Siembra.....	32
2.3.2. Dosis de nitrógeno	32
2.3.3. Densidades propuestas.....	32
2.3.4. Diseño experimental.....	32
2.3.5. Unidad experimental	33
2.4. Análisis estadístico	33
2.5. Variables de estudio	33
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
3.1. Manchado de grano (GID).....	34
3.2. Rhizoctonia (SHB).....	39
3.3. Bacteria (BB).....	42
3.4. Helminthosporium (BS)	45
3.5. Cobertura vegetal (%CC)	47
3.6. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).....	52
3.7. Rendimiento de grano (t/ha.).....	55
3.8. Análisis de correlación	61
3.9. Análisis de componentes principales	62
3.10. Análisis económico de presupuesto parcial	64
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Provincias productoras de arroz año agrícola 2020-2021</i>	5
Tabla 2	<i>Cosecha de arroz mecanizado según sistema de producción en el país, año agrícola 2021-2022, al 24 de diciembre de 2021</i>	7
Tabla 3	<i>Media de las variable de enfermedades y rendimiento</i>	34
Tabla 4	<i>Análisis de la varianza para la variable manchado de grano (GID)</i>	35
Tabla 5	<i>Prueba de separación de medias de Duncan (Alfa=0.05) para Densidad ...</i>	36
Tabla 6	<i>Prueba de separación de medias de Duncan (Alfa=0.05) en la interacción variedad por dosis de nitrógeno</i>	36
Tabla 7	<i>Prueba de separación de medias de Duncan (Alfa=0.05) en la interacción densidad por dosis de nitrógeno</i>	37
Tabla 8	<i>Prueba de separación de medias de Duncan (Alfa=0.05) en la interacción densidad por variedad</i>	38
Tabla 9	<i>Prueba de separación de medias de Duncan (Alfa=0.05) en la interacción dosis de nitrógeno por variedad por densidad</i>	38
Tabla 10	<i>Análisis de la Varianza para la Variable Rhizoctonia (SHB)</i>	40
Tabla 11	<i>Medidas para la Variable Rhizoctonia (SHB) con Diferentes Dosis de Nitrógeno</i>	41
Tabla 12	<i>Medidas para la Variable Rhizoctonia (SHB) en la interacción Densidad por Dosis de Nitrógeno</i>	41
Tabla 13	<i>Medidas para la Variable Rhizoctonia (SHB) en la interacción Dosis de Nitrógeno, Variedad por densidad</i>	42
Tabla 14	<i>Análisis de la Varianza para la Variable Bacteria (BB)</i>	43

Tabla 15	<i>Medidas para la Variable Bacteria (BB) con Diferentes Densidades</i>	44
Tabla 16	<i>Medidas para la Variable Bacteria (BB) en la interacción Densidad por Dosis de Nitrógeno</i>	44
Tabla 17	<i>Medidas para la Variable Bacteria (BB) en la interacción Dosis de Nitrógeno, Variedad por Densidad</i>	45
Tabla 18	<i>Análisis de la Varianza para la Variable Helminthosporium (BS)</i>	46
Tabla 19	<i>Medidas para la Variable Helminthosporium (BS) en la interacción Dosis de Nitrógeno por Variedad por Densidad</i>	47
Tabla 20	<i>Análisis de la Varianza para la Variable Cobertura Vegetal (%CC)</i>	48
Tabla 21	<i>Medidas para la Variable Cobertura Vegetal (%CC) con Diferentes Variedades</i>	48
Tabla 22	<i>Medidas para la Variable Cobertura Vegetal (%CC) con Diferentes Dosis de Nitrógeno</i>	49
Tabla 23	<i>Medidas para la Variable Cobertura Vegetal (%CC) con Diferentes Densidades</i>	49
Tabla 24	<i>Medidas para la Variable Cobertura Vegetal (%CC) en la interacción Variedad por Dosis de Nitrógeno</i>	50
Tabla 25	<i>Medidas para la variable Cobertura Vegetal (%CC) en la interacción Densidad por Dosis de Nitrógeno</i>	50
Tabla 26	<i>Medidas para la Variable Cobertura Vegetal (%CC) en la interacción Densidad por Variedad</i>	51
Tabla 27	<i>Medidas para la Variable Cobertura Vegetal (%CC) en la interacción Dosis de Nitrógeno por Variedad por Densidad</i>	52

Tabla 28 <i>Análisis de la Varianza para la Variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)</i>	53
Tabla 29 <i>Medidas para la Variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) con diferentes Dosis de Nitrógeno</i>	54
Tabla 30 <i>Medidas para la Variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) con Diferentes Densidades</i>	54
Tabla 31 <i>Medidas para la Variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en la interacción Dosis de Nitrógeno por Variedad por Densidad</i>	55
Tabla 32 <i>Análisis de la Varianza para la Variable Tonelada por Hectárea (t./ha.)</i>	56
Tabla 33 <i>Análisis de correlación de Pearson de las variables evaluadas</i>	62
Tabla 34 <i>Cálculo de beneficios netos utilizando los costos que varían y los rendimientos de grano en cada genotipo</i>	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Etapas del Crecimiento y Desarrollo de la Planta de Arroz</i>	8
Figura 2 <i>Localización geográfica del proyecto</i>	31
Figura 3 <i>Medidas para la variable tonelada por hectárea (t./ha.) con diferentes variedades</i>	58
Figura 4 <i>Gráfica de la interacción variedad por dosis de nitrógeno en rendimiento de grano</i>	59
Figura 5 <i>Gráfica de la interacción densidad por dosis de nitrógeno en rendimiento de grano</i>	60
Figura 6 <i>Gráfica de la interacción densidad por dosis de nitrógeno por genotipo en rendimiento de grano</i>	61
Figura 7 <i>Gráfico Biplot del análisis multivariado de componentes principales</i>	63
Figura 8 <i>Curva de beneficios netos del análisis económico parcial para el genotipo de arroz VF 111-07</i>	65
Figura 9 <i>Curva de beneficios netos del análisis económico parcial para el genotipo de arroz Idiap FL 069-18</i>	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Preparación del terreno	80
Anexo B: Siembra	81
Anexo C: Vista panorámica de parcelas del proyecto	82
Anexo D: Inicio de macollamiento	83
Anexo E: Primordio	84
Anexo F: Floración	85
Anexo G: Maduración.....	86
Anexo H: Cosecha	87

EVALUACIÓN DE DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA Y DOSIS DE NITRÓGENO EN LÍNEAS AVANZADAS DE ARROZ BAJO RIEGO PARA MEJORAR LA SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN

Córdoba Concepción Víctor Raúl. 2024. Evaluación de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno en líneas avanzadas de arroz bajo riego para mejorar la sostenibilidad de la producción. Tesis, Maestría en Ciencias Agrícolas con Énfasis en Producción Agrícola Sostenible. Los Santos. Panamá. 84p

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar las diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno en líneas avanzadas de arroz bajo riego para mejorar la sostenibilidad de la producción en Panamá, Pocrí, Los Santos, durante enero a mayo del 2022, bajo el sistema de riego. Se evaluaron tres niveles de nitrógeno, dos genotipos de arroz y tres densidades de siembra. El diseño experimental fue en arreglo factorial de parcelas divididas con tres réplicas. Se evaluó manchado de grano (GID), Rhizoctonia (SHB), Bacteriosis (BB), Helminthosporium (BS), NDVI, cobertura vegetal (CC) y rendimiento de grano. Se realizó análisis de varianza y separación de medias con Duncan al 5%, análisis de correlación y componentes principales, además análisis económico de presupuesto parcial. Para el factor dosis de nitrógeno se encontró diferencia significativa para SHB CC, NDVI y t./ha. Para el factor variedad existe diferencias significativas para CC y t./ha. La interacción variedad por dosis, se encontró diferencia significativa para GID, CC y t./ha. para el factor densidad se encontró diferencia significativa para GID, BB, CC, NDVI; para la interacción DENSIDAD por dosis existe diferencia significativa para GID, SHB, BB, CC y t/ha; para la interacción densidad por variedad se encontró diferencia significativa para GID, CC y t/ha.; en cuanto a la triple interacción existe diferencia significativa para todas las variables. Se observó una correlación entre la dosis de N y el NDVI (0.946); entre la densidad y el CC (0.764), además entre el GID y BS (0.711). Para la variedad IDIAP FL 069-18 los mejores rendimientos se registraron con 100 kg. de N y la población baja, seguida de 150 kg. de N con la población media; para VF 111-07 los mejores rendimientos fueron con 150 kg. de N y la población media, seguido de 150 kg. de N y la población baja sin encontrar diferencia significativa entre ambos. Considerando la respuesta agronómica y el análisis económico, para estos genotipos se recomienda el uso de densidades de bajas a medias y niveles de N de 100 a 150 kg. /ha.

Palabras clave: Beneficio neto, enfermedades, rendimiento, variedades.

EVALUATION OF DIFFERENT SOWING DENSITIES AND NITROGEN DOSES IN ADVANCED LINES OF RICE UNDER IRRIGATION TO IMPROVE THE SUSTAINABILITY OF PRODUCTION

Córdoba Concepción Victor Raúl. 2024. Evaluation of Different Planting Densities and Nitrogen Doses in Advanced Irrigated Rice Lines to Improve Production Sustainability. Thesis, Master of Agricultural Sciences with Emphasis on Sustainable Agricultural Production. The Saints. Panama. 84p

ABSTRACT

With the objective of evaluating different planting densities and nitrogen doses in advanced irrigated rice lines to improve the sustainability of production in Panama, Pocrí, Los Santos, during January to May 2022, under the irrigation system. Three nitrogen levels, two rice genotypes and three planting densities were evaluated. The experimental design was a factorial arrangement of divided plots with 3 replications. Grain spotting (GID), Rhizoctonia (SHB), Bacteriosis (BB), Helminthosporium (BS), NDVI, vegetative cover (CC) and grain yield were evaluated. Analysis of variance and separation of means with Duncan at 5%, correlation and principal components analysis, as well as partial budget economic analysis were carried out. For the nitrogen dose factor, significant differences were found for SHB CC, NDVI and t/ha. For the variety factor, there were significant differences for CC and t/ha. For the variety by dose interaction, a significant difference was found for GID, CC and t/ha; for the Density factor, a significant difference was found for GID, BB, CC, NDVI; for the Density by dose interaction, a significant difference was found for GID, SHB, BB, CC and t/ha; for the Density by Variety interaction, a significant difference was found for GID, CC and t/ha; as for the triple interaction, a significant difference was found for all variables. A correlation was observed between N dose and NDVI (0.946); between density and CC (0.764), and between GID (0.946) and CC (0.764). in addition, between GID and BS (0.711). For the variety IDIAP FL 069-18 the best yields were recorded with 100 kg. N and the low population, followed by 150 kg. N with the medium population; for VF 111-07 the best yields were with 150 kg. N and the medium population, followed by 150 kg. N and the low population without finding significant difference between both. Considering the agronomic response and the economic analysis, low to medium densities and N levels of 100 to 150 kg./ha are recommended for these genotypes.

Keywords: Net profit, diseases, yield, varieties.

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) constituye en la actualidad el grano básico de más de dos mil millones de personas alrededor del planeta, lo cual representan la tercera parte de la población mundial. Un 90% de la producción mundial depende de pequeños agricultores y comunidades en los países empobrecidos, generalmente en superficies inferiores a una hectárea. La planta de arroz puede cultivarse en zonas de diferentes altitudes, desde el nivel del mar hasta zonas con altura de 2500 metros, requiere de suelos con alto contenido de arcilla, que retienen y conservan la humedad por más tiempo (González, 2019).

El arroz es considerado un cultivo de gran importancia a nivel mundial; se ubica en el segundo puesto entre los cereales más cultivados, además, va creciendo su producción (rendimiento) a medida que avanzan los años. Su grano contiene nutrientes esenciales que son requeridos por la población mundial, especialmente, en los países desarrollados (Sánchez, 2019).

El arroz es el cultivo de mayor importancia en Panamá en términos de área cultivada y consumo. Es la principal fuente de ingresos para más de 1700 agricultores (MIDA 2019). Su importancia nutricional y económica en nuestro país es muy alta, con un consumo per cápita anual de 70,12 kg. por persona/año de arroz, siendo uno de los mayores consumidores de este grano en el mundo (MIDA, 2020).

Un aumento en la proyección de siembra por hectárea de arroz para el año agrícola 2021-2022, se registra en Panamá a pesar de enfrentar la pandemia del coronavirus (COVID-2019), revela un informe del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, 2022).

Para el periodo 2021-2022 se han cultivado 92,689.5 hectáreas de arroz, sembrado por 1,669 productores de las 90,544.6 hectáreas. Cabe señalar que para el periodo mencionado se estimó una proyección de cosecha de 4,276,180.99 kg... Según la entidad estatal, para el mismo período del año agrícola anterior, se reportaron 84,805 hectáreas, lo que se visualiza con un incremento de 7,885 hectáreas.

La provincia de Chiriquí registra el mayor porcentaje de siembra con 21,195.2 hectáreas por 619 productores (22.9%), seguido por Panamá Este con 18,695 hectáreas sembradas por 169 productores (20.2%) y Coclé 14,073.6 hectáreas por 310 productores (15.2%). Así mismo, Veraguas reporta 12,759.2 hectáreas con 193 productores, Los Santos 12,206.8 hectáreas por 225 productores, Darién con 10,344 hectáreas de 101 productores, Herrera 3,277.3 hectáreas de 49 productores y Panamá Oeste 138.1 hectáreas de 3 productores (MIDA, 2022).

Objetivo general

- Evaluar las diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno en líneas avanzadas de arroz bajo riego para mejorar la sostenibilidad de la producción.

Objetivos específicos

- Establecer la dosis optima de nitrógeno para las diferentes líneas avanzadas de arroz bajo riego.
- Determinar el efecto de las diferentes densidades sobre el rendimiento de las líneas avanzadas de arroz bajo riego.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. El cultivo de arroz en Panamá

Un total de 84,460 hectáreas de arroz fueron sembradas en el año agrícola 2020-2021, de las cuales 72,416 hectáreas habían sido programadas para este ciclo agrícola, lo que representa un aumento significativo de acuerdo con un informe suministrado por la Dirección Nacional de Agricultura del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, 2021).

El documento señala que, del total de arroz sembrado, el 89.4% corresponde a la siembra en seco (75,553 hectáreas por 1,316 productores) y 10.6% con sistema de riego (8,906 hectáreas de 62 productores). Es importante destacar que para esta zafra participaron 1,378 productores. El (MIDA, 2021) plantea que, en comparación con el mismo período del año anterior, cuando se reportaron 73,299 hectáreas, se observó un incremento de 11,160 hectáreas, las cuales se describen a continuación.

La provincia mayor productora de arroz según el reporte es Chiriquí con 18,829 hectáreas (22.3%), seguido por Panamá Este con 15,859 hectáreas (18.8%), Los Santos con 12,942 hectáreas (15.3%), al igual que Coclé con 12,102 hectáreas (14.3%), Veraguas con 11,870 (14.1%), Darién con 10,206 hectáreas (12.1%), Herrera con 2,532 hectáreas (3%) y Panamá Oeste con 120 hectáreas (0.1%). En la tabla 1 se muestran las provincias productoras de arroz año agrícola 2020-2021.

Un aumento en la proyección de siembra por hectárea de arroz para el año agrícola 2021-2022, se registra en Panamá a pesar de enfrentar la pandemia del coronavirus (COVID-2019), revela un informe del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, 2021).

Tabla 1*Provincias productoras de arroz año agrícola 2020-2021*

Provincias	Hectáreas	Porcentaje %
Chiriquí	18,829	22.3%
Panamá Este	15,859	18.8%
Los Santos	12,942	15.3%
Coclé	12,102	14.3%
Veraguas	11,870	14.1%
Darién	10,206	12.1%
Herrera	2,532	3%
Panamá Oeste	120	0.1%
Total	84,460	100%

Fuente: Dirección Nacional de Agricultura del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, 2022).

Cabe destacar que para el ciclo agrícola 2021-2022, el Comité Nacional de Semillas del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) tiene asegurado un 80% de semillas certificadas de arroz, con las cuales se sembrarán unas 60 mil hectáreas, garantizando así cantidad y calidad, pese a la crisis causada por la pandemia de covid-19 y los estragos a los cultivos del rubro.

Las autoridades del Comité Nacional de Semillas señalan que el porcentaje de semilla es significativo, ya que es muy difícil cubrir el 100% de semilla certificada, al

no contar actualmente con toda la infraestructura que se requiere, por ejemplo, secadoras para semilla, plantas acondicionadoras y bodegas de almacenamiento.

El informe del Comité Nacional de Semillas indica que entre las variedades de semillas certificadas figuran APTA, Estrella 71, FCA 616 FL, IDIAP 38 y IFL 7217, entre otras.

Los productores de semilla de arroz solamente están autorizados para multiplicar las mismas en las categorías básicas, registradas y certificadas.

El Comité Nacional de Semillas es un ente certificador; por lo tanto, cada productor siembra y comercializa donde el microclima le favorece para la producción.

Cabe destacar que la semilla categoría básica y registrada es producida en Panamá por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, la Facultad de Ciencias Agropecuarias y por empresas que tienen un programa de fitomejoramiento de arroz, por su alto valor genético.

De acuerdo con el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), para el año agrícola 2021-2022, se había programado sembrar un total de 90,544.60 hectáreas de arroz, de las cuales 80,592 hectáreas total secano y 9,952 hectáreas total riego, se espera un rendimiento de 4,727 kg./ha. al 20 de agosto de 2021 se había sembrado un total de 62,365.4 hectáreas de arroz, de las cuales 57,886.9 hectáreas total secano y 4,478.5 hectáreas total riego.

Tabla 2

Cosecha de arroz mecanizado según Sistema de Producción en el país, año agrícola 2021-2022, al 24 de diciembre de 2021

Total, Sup. Ha según reporte x cosechar	Prod. en kg.	Kg recibidos molinos	Equivalente en Ha	Estimado Ha x cosechar
32,203.86	238,931,903.18	268,836,922.27	6,514	32,288

Fuente: Direcciones Ejecutivas Regionales y Dirección de Agricultura del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, 2022).

1.2. Fenología de la planta de arroz en Panamá

El desarrollo de la planta de arroz comprende tres fases (vegetativa, reproductiva y maduración), divididas en nueve etapas (germinación, plántula, macollamiento y máximo macollamiento, inicio del primordio, desarrollo de la panícula, floración, estado lechoso, estado pastoso y madurez fisiológica), describiendo así su fenología. Como podemos apreciar en la Figura 1. La imagen proporciona una manera eficaz para ayudar a demostrar el punto (Camargo, *et al.*, 2014).

1.2.1. Germinación:

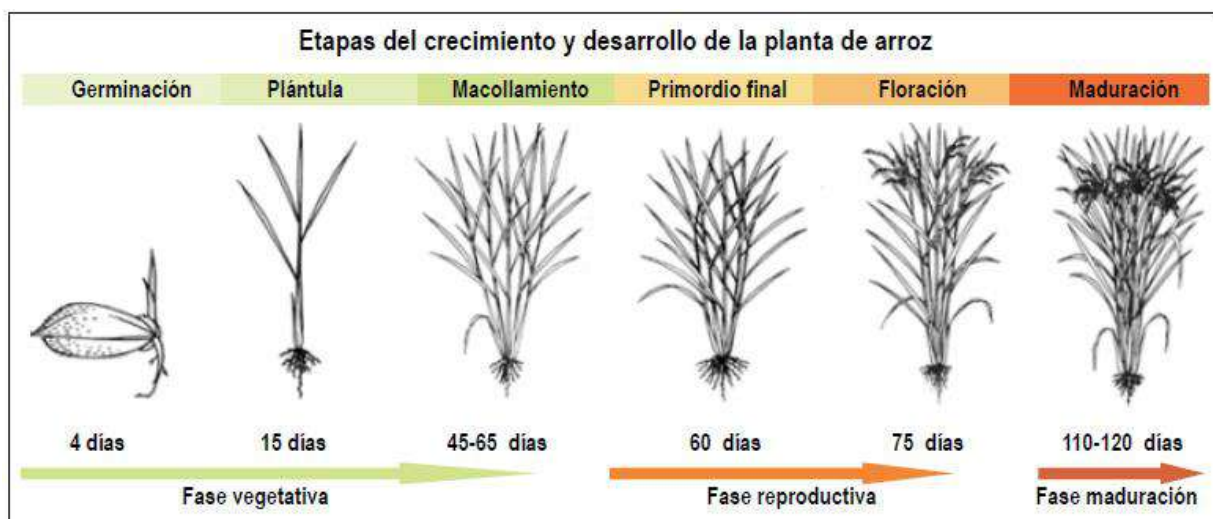
Abarca el periodo que va desde la siembra (hinchado de la semilla) hasta la emergencia del primer tallito (coleóptilo) y la primera raicilla.

Cualidades que distinguen esta etapa: el primer paso para la germinación de la semilla es la absorción de agua, almidón, proteínas y grasas los cuales son convertidos en alimentos simples para el embrión, para ello, se remoja la semilla durante 24 horas,

la misma necesita aire para germinar, la mejor temperatura para germinar es 30°C, la semilla hidratada emerge en un periodo de dos a tres días, la semilla seca emerge en un periodo de 5 a 10 días.

Figura 1

Etapas del Crecimiento y Desarrollo de la Planta de Arroz



Nota. La figura muestra las etapas de crecimiento y desarrollo de la planta de arroz durante todo su ciclo vegetativo. Tomado de Etapas del crecimiento y desarrollo de la planta de arroz (Camargo et al., 2014, p.114).

1.2.2. Plántula

Cubre el periodo que va desde la emergencia del coleóptilo hasta la aparición de la quinta hoja, contando como primera hoja la que emerge después del coleóptilo o sea la primera hoja sin lámina.

Cualidades que distinguen esta etapa: al principio, la plántula depende de la reserva de la semilla, durante el séptimo y octavo día, la plántula comienza a

fotosintetizar y absorber nutrimentos, inicia la acumulación de materia seca.

1.2.3. Macollamiento

El macollamiento o ahijamiento inicia con la aparición del primer hijo y se extiende hasta cuando la planta alcanza el máximo de ellos.

Cualidades que distinguen esta etapa: Es la etapa más larga, el ahíje se inicia a los 10 días después de la siembra (dds) y alcanza su máxima expresión entre 50 y 60 dds, los hijos primarios se originan del tallo principal, de los primarios, los secundarios y de éstos, los terciarios, cuando se alcanza el máximo ahíje, se desarrollan más raíces adventicias.

1.2.4. Máximo macollamiento

Esta etapa tiene una estrecha relación con las características genéticas de la variedad y las prácticas de manejo agronómico empleadas en la producción.

Cualidades que distinguen esta etapa: Las variedades difieren en su capacidad de ahíje, el número de hijos por planta aumenta con la distancia entre plantas, en la época lluviosa se producen más hijos, una adecuada aplicación de nitrógeno permite obtener un mayor número de hijos.

1.2.5. Formación del primordio floral (diferenciación de la panícula)

Ocurre la diferenciación del meristemo o punto de crecimiento, con la formación del primordio de la panícula, se inicia la fase reproductiva. Es importante en el manejo del cultivo, ya que representa la época de la última fertilización nitrogenada.

Cualidades que distinguen esta etapa: El primordio puede verse a simple vista cuando tiene 1 mm de largo, su duración es de aproximadamente 11 días, presenta

vellosidades blancas y finas en la punta, se producirán tres hojas más, en este momento es cuando el rendimiento se ve severamente afectado por condiciones adversas, se determina el número potencial de granos en la panícula.

1.2.6. Elongación del tallo

La manera práctica de identificar que la planta alcanza la etapa de elongación, es cuando el cuarto entrenudo del tallo principal que se encuentra precisamente debajo de la inflorescencia, comienza su aumento de longitud, notándose con facilidad.

Cualidades que distinguen esta etapa: Esta elongación coincide con el desarrollo de la inflorescencia, ocurre en el cuarto entrenudo, la hoja número 11 emerge totalmente, las primeras tres o cuatro hojas han muerto y quedan siete u ocho en el tallo.

1.2.7. Desarrollo de la panícula

La panícula diferenciada es visible hasta cuando la punta de ella está justo debajo del cuello de la hoja bandera.

Cualidades que distinguen esta etapa: En el primordio se diferencian las espiguillas, las cuales crecen dentro de la hoja bandera, se conoce como embuchamiento, el mismo inicia de 20 a 25 días antes de floración, es una etapa crítica para el rendimiento, ya que determina el número total de granos, crece la hoja bandera, hasta emerger totalmente, temperaturas frías pueden causar esterilidad.

1.2.8. Floración

La salida de la panícula de la vaina de la hoja bandera marca el comienzo de la floración. Las flores inician la antesis o floración en el tercio superior de la panícula. Se

dice que un arrozal se encuentra en estado fenológico de floración o espigado, cuando el 50% de las panículas (espigas) han emergido de la hoja bandera.

Cualidades que distinguen esta etapa: La salida de las anteras de apariencia blanquecina, las flores del medio y en el tercio inferior, abren en los días sucesivos, completar la floración, dura aproximadamente de 8 a 15 días, la planta alcanza su máxima altura, la fecundación y el rendimiento pueden ser afectados por el volcamiento, vientos cálidos, secos o húmedos y temperaturas extremas muy bajas o altas.

1.2.9. Estado grano lechoso

Los carbohidratos almacenados son traslocados rápidamente de los tallos y otras partes de la planta, se fotosintetizan más carbohidratos y se mueven rápidamente para llenar el grano con un líquido lechoso; este proceso puede durar 10 días, de acuerdo con la variedad.

Cualidades que distinguen esta etapa: Cinco días después de la antesis los granos son de color verde, la panícula se dobla en un arco de 90° (panícula agobiada), en los granos aún verdes se puede extraer un fluido lechoso presionando con los dedos, la cariósida pasa del estado acuoso al lechoso.

1.2.10. Estado de grano pastoso

La consistencia del grano cambia primero a pastosa suave y luego endurece, en un periodo de 11 a 15 días, según la variedad.

Cualidades que distinguen esta etapa: El color cambia a verdoso amarillento, el cariósida o grano pasa del estado de masa blanda a dura, la panícula dobla su punta

en arco de 180°, las ramas de la mitad del raquis de la panícula se doblan en arco de 90°, la planta alcanza su máximo peso de materia seca.

1.2.11. Maduración

Esta etapa se presenta cuando más del 80% de las espiguillas en la panícula están maduras. La cariósida o grano está completamente desarrollada en tamaño, su consistencia es dura y sin tonalidades verdosas. Ocurre aproximadamente en 12 días, según la variedad.

Cualidades que distinguen esta etapa: durante los 30 y 35 días después del 50% de floración, la planta está fisiológicamente madura, en ese periodo algunas espiguillas pueden permanecer verdes y nunca se llenan, puede haber hojas marchitas, algún verde pálido, la panícula se dobla en 180° y se apoya en el nudo del cuello, las ramas del raquis se separan, cesa la producción de materia seca.

Para que cada una de estas etapas sea alcanzada, se requiere una serie de condiciones que involucran factores como el manejo, sistema de cultivo y factores ambientales como la luminosidad (radiación solar) y temperatura, entre otros. La interacción de estos factores influye en la duración de cada etapa y fase, observando algunas variaciones en el ciclo de los cultivares, cuando los comparamos entre sistemas de secano y riego, o aún en el mismo sistema, entre una siembra de primera coa y de segunda coa, o entre regiones por ejemplo la misma variedad en Chiriquí y Chepo (Camargo *et al*, 2014).

1.3. Factores físicos y químicos para el cultivo de arroz

De acuerdo con Gastiozoro (2008), los factores del clima que mayor influencia ejercen sobre los vegetales son: La temperatura, radiación solar y precipitación. Es decir, el comportamiento de la variedad de arroz está relacionado con la interacción entre la planta y el medio (genotipo-ambiente). Se debe considerar la presencia de elementos bioclimáticos que ejercen influencia sobre la germinación y crecimiento (temperatura y precipitación), y otros que influyen sobre el desarrollo, como la temperatura y radiación solar.

1.3.1. Precipitación pluvial

Se utiliza para estudiar su efecto en la producción del cultivo, predecir posibles problemas de enfermedades, plagas y daños físicos en los cultivos y, además, para calcular balances hídricos e índices de sequía y fechas de siembra, entre otros.

El agua es el factor determinante del rendimiento. En el caso de la planta de arroz, la necesidad hídrica varía en función de la edad, tamaño y época del año. Las plantas consumen menos agua cuando carecen de hojas y van intensificando el consumo hacia la floración y maduración (Gastiozoro, 2008).

1.3.2. Temperatura

Para el cultivo del arroz, las temperaturas críticas están por debajo de los 20° C y por arriba de los 32° C. La temperatura óptima para la germinación, el crecimiento del tallo, de las hojas y de las raíces, está entre los 23 y 27°C. Con temperaturas superiores a estas, la planta de arroz crece más, pero los tejidos quedan muy blandos, siendo entonces susceptibles a los ataques de enfermedades. Además, las temperaturas bajas influyen negativamente en la diferenciación de las células

reproductivas y por tanto causan una alta esterilidad de las espigas.

Cuando hay época lluviosa, alta nubosidad y bajas temperaturas afectan la polinización y por ende habrá un alto porcentaje de esterilidad de las espigas, resultando bajos rendimientos (Chen, 2018).

1.3.3. Radiación solar

Es importante para estimar la evapotranspiración potencial y se usa para calcular la acumulación de materia seca por cultivo. La luz es un elemento fundamental en los procesos biológicos, ya que influye en el proceso de crecimiento del arroz (formación de materia seca), por su acción fotoenergética (donde actúa por su intensidad) y estimulante en el desarrollo (donde actúa por su duración), (Chen, 2018).

1.3.4. Intensidad lumínica

Este factor se refiere al umbral lumínico necesario para que ocurran los procesos como la fotosíntesis. La intensidad de la luz varía, de acuerdo con la altura del sol sobre el horizonte, grado de humedad del aire, nubosidad, diafanidad y transparencia del aire (Gastiozoro, 2008).

1.3.5. Duración lumínica

Está determinada por el espacio de tiempo transcurrido entre la salida y puesta del sol, incluidos los crepúsculos matutinos y vespertinos. La duración de los crepúsculos aumenta cuando aumenta la latitud (Gastiozoro, 2008).

1.3.6. Humedad relativa

Es una variable climática clave para el pronóstico de enfermedades de cultivos

y se utiliza en combinación con otras variables para estimar la evapotranspiración. La humedad para cosechar debe oscilar entre 18 y 22%, intervalo que permite conseguir los mejores rendimientos en campo y molino. El atraso en la cosecha significa tener almacenado el grano en campo, donde las condiciones climatológicas como humedad relativa, lluvias y temperatura pueden afectar la calidad en el molino (Gastiozoro, 2008).

1.3.7. Viento

El viento es el aire de la atmósfera en movimiento. Está relacionado en el transporte de calor y de masa por convección a través de la capa límite de las plantas. A mayor velocidad del viento disminuye la resistencia de la capa límite del cultivo, esto tiende a aumentar la evaporación y acercar la temperatura de la hoja, a la temperatura del aire. Durante la fase de maduración la existencia de vientos fuertes, pueden ocasionar acame o caída de las espigas, dificultando la cosecha, y con esto pérdidas por pudrición del arroz, especialmente en condiciones de cultivo bajo riego (Benacchio y Avilán, 1991).

1.4. Enfermedades del cultivo de arroz

Las enfermedades pueden ser causadas por diferentes agentes patológicos y pueden ser de naturaleza biótica o abiótica. Como agentes patológicos de naturaleza biótica, se pueden mencionar los hongos, bacterias, virus, viroides, micoplasmas, nematodos, insectos y vertebrados. Los agentes patológicos de naturaleza abiótica son aquellos que ocasionan desordenes fisiológicos en la planta, sin ser seres vivos;

entre ellos el clima, suelo, elementos nutricionales y diversas causas de estrés en la planta (Campoverde, 2016).

1.4.1. Añublo de la hoja (*Pyricularia grisea* Sacc.)

Es considerada la enfermedad más limitante del cultivo de arroz en todo el mundo. Todas las partes de la planta que crezcan sobre el nivel del suelo pueden ser atacadas por el hongo, aunque los síntomas en las hojas y en el cuello de la panícula son característicos, por lo que facilitan un diagnóstico claro de la enfermedad (Meneses *et al.*, 2008).

1.4.2. Añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani* Kuhn)

Las lesiones típicas son de aspecto húmedo, forma elíptica un poco irregular, de 2 a 3 cm de longitud y de color verde grisáceo, tienen un centro blanco grisáceo y márgenes de color café rojizo, las lesiones pueden juntarse, causando la necrosis de la hoja (FLAR, 2010). En el campo, la enfermedad suele presentarse en “parches” irregulares dentro del cultivo. Los síntomas se manifiestan, generalmente, a partir del periodo de máximo macollamiento, inicialmente sobre las vainas que se encuentran cerca del nivel del suelo (Meneses *et al.*, 2008).

1.4.3. Escaldado de la hoja (*Gerlachia oryzae*)

Los síntomas en las hojas aparecen desde los treinta días después de la germinación hasta la floración, sobre todo en la hoja bandera y las dos hojas inferiores a ella. Dichas lesiones se inician en el ápice foliar, de forma triangular y abarca todo el ancho de la hoja y una porción longitudinal, tiene apariencia húmeda y líneas oscuras que se alternan con bandas cafés y rojizas. Se pueden extender hacia la base de la

hoja hasta que abarcan todo el ancho foliar (Meneses *et al.*, 2008).

1.4.4. Mancha café (*Helminthosporium oryzae* Breda de Hann)

Esta enfermedad se desarrolla principalmente en aquellos cultivos que sufren un desequilibrio de potasio o que crecen en suelos de escasa fertilidad; además, el sombreado excesivo de las plantas de arroz favorece la enfermedad (De Datta, 1986).

1.4.5. Añublo bacterial (*Burkholderia glumae*)

Esta enfermedad se expresa en la planta como una pudrición de la vaina, decoloración y esterilidad de los granos. El patógeno inicialmente coloniza la hoja bandera invadiendo las espiguillas en la época de floración hasta causar la pudrición del grano. Esta bacteria puede propagarse a través de semillas, el suelo y malezas hospedadoras en el campo; el proceso de infección depende de la susceptibilidad varietal, de la cantidad del inoculo y los factores climáticos, que juegan un papel importante en la incidencia y severidad de la enfermedad (FLAR, 2010).

1.4.6. Pudrición fungosa de la vaina (*Sarocladium oryzae* Sawada-Gams y Hawsk)

Las lesiones aparecen en las vainas de las hojas superiores y en la vaina de la hoja bandera, estas lesiones son oblongas y alargadas con borde café y centro grisáceo. A medida que la enfermedad progresa, las lesiones se alargan y coalescen, cubriendo gran parte de la vaina de la hoja. Infecciones severas y tempranas no permiten que la panícula emerja completamente y en algunas ocasiones se pudra; las panículas que logran emerger presentan flores curvas y de color café rojizo a café oscuro. La esterilidad y el vaneamiento de los granos son síntomas que también están asociados con el ataque de esta enfermedad (Meneses *et al.* 2008).

1.4.7. Falso carbón (*Ustilaginoidea virens* (Cooke)

En nuestro país, no es considerada una enfermedad importante del arroz. Las lesiones se presentan durante la fase de maduración del grano, los síntomas son visibles a gran distancia. En las espiguillas individuales de la panícula, entre las glumas, produce masas de esporas que le dan al grano forma de bola con tonalidades anaranjadas, verde amarillentas y finalmente negras aterciopeladas (MAG,1991).

1.4.8. Pudrición bacteriana de la vaina (*Pseudomonas fuscovaginae* (Tanii, Miyajima and Akita)

Las manchas se presentan en la vaina de la hoja bandera y en la panícula; las pequeñas manchas oscilan entre 1 a 5 mm de diámetro, las cuales se unen y forman grandes manchas difusas que necrosan toda la vaina y se puede extender al tallo. El tejido afectado es de aspecto húmedo. En casos severos, toda la vaina, hoja y su cuello se necrosan y secan (Meneses *et al.*, 2008).

1.4.9. Tizón foliar bacteriano (*Xanthomonas oryzae*)

Los primeros síntomas comprenden lesiones onduladas amarillas a lo largo de los bordes de la parte superior de la lámina de las hojas. Estas lesiones avanzan rápidamente paralelas a las nervaduras y se extienden en dirección lateral hacia las regiones sanas. En casos extremos, una gran parte de toda la lámina de la hoja es infectada, se forma de color amarillo o blanco sucio y finalmente muere (De Datta 1986).

1.5. Requerimientos nutricionales del cultivo de arroz

La nutrición es el suministro y absorción de aquellos elementos químicos

nutritivos que requiere un organismo. Los nutrientes necesarios para los cultivos son los elementos, o compuestos inorgánicos simples, indispensables para su crecimiento y que no pueden ser sintetizados por la planta durante los procesos metabólicos normales

El arroz necesita para su crecimiento y nutrición cantidades adecuadas y oportunas de nutrientes que en singular del suelo o de fertilizantes. Entre los principales elementos se encuentran el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, silicio y otros microelementos. La cantidad correcta aumentará la velocidad de crecimiento, la materia seca y el rendimiento en grano (Carreras, 2004).

La falta de estos elementos nutritivos en el cultivo, presentan síntomas similares a los producidos por organismos patógenos. De hecho, en las plantas que enfrentan carencia de estos elementos, se producen desórdenes fisiológicos, considerados patológicos, los cuales se reconocen como de origen abiótico y pueden afectar seriamente el rendimiento.

El cultivo debe contar con los nutrientes adecuados en el momento oportuno, lo que permite expresar el potencial de rendimiento de la variedad. En términos generales, el cultivo requiere más nutrientes en la época de mayor radiación.

El nitrógeno es el elemento más importante para la alta productividad del arroz. La fuente inorgánica de nitrógeno más común es la urea (Camargo *et al*, 2014).

La carencia de nitrógeno en el cultivo puede ocasionar los siguientes desórdenes fisiológicos:

- ❖ Las hojas adquieren una coloración verde amarillenta.
- ❖ Reduce el macollamiento de las plantas de arroz.
- ❖ Las hojas son más pequeñas.

- ❖ El rendimiento se reduce considerablemente.
- ❖ Las plantas se tornan más susceptibles al ataque de enfermedades como la helmintosporiosis (*Drechslera oryzae*).

El nitrógeno es un elemento de gran movilidad dentro de la planta, el amarillamiento de las hojas debido a la carencia de este elemento se muestra fundamentalmente en las hojas más viejas. De esta forma, el síntoma de amarillamiento producido por distintas causas pudiera ser reconocido como deficiencia de nitrógeno; si las hojas más jóvenes permanecen verdes mientras que las hojas viejas muestran una clorosis pronunciada (Dobermann, 2000).

El arroz es considerado como uno de los cultivos más demandante de nitrógenos en los países productores y la urea es la fuente de N comúnmente usada, cuya eficiencia de recuperación de N, a partir de este fertilizante es generalmente baja, menor de 40 % para arroz bajo inundación. Mientras que la producción de arroz en condiciones de secano y en suelos ácidos de sabana, generalmente, el N residual de un cultivo es aprovechado por el cultivo subsiguiente (Alfonso *et al.*, 2012).

El nitrógeno es constituyente de cada uno de los aminoácidos, es decir, que está presente en cada proteína. También hace parte de la molécula de clorofila y de los ácidos nucleicos. El nitrógeno estimula el crecimiento de tallos y hojas. Además, la producción de proteínas en frutas y granos, y ayuda a que la planta utilice otros nutrientes como fósforo y potasio (Kovacik *et al.*, 2007).

Su principal forma de absorción por la planta es NO_3^- y NH_4^+ . Por su gran movilidad, los primeros síntomas se observan en hojas maduras. Su deficiencia causa falta de poder turgor y cambios de color en las hojas, las cuales primero se tornan verde claro, luego presentan clorosis y finalmente mueren; los sistemas radicales se

ven reducidos (Suzuki *et al.*, 2003). Otros síntomas que pueden presentarse son acumulación de compuestos fenólicos como flavonoides, antocianinas y cumarinas. El nitrógeno se considera el elemento nutritivo que repercute de forma directa sobre la producción, aumenta el porcentaje de espiguillas, incrementa la superficie foliar y contribuye al aumento de calidad del grano (Barrera *et al.*, 2010). El arroz necesita el nitrógeno en dos momentos críticos del cultivo:

- ❖ En la fase de ahijamiento medio (35-45 días después de la siembra).

Desde el comienzo del alargamiento del entrenudo superior hasta que este entrenudo alcanza 1.5-2 cm. El nitrógeno se debe aportar en dos fases: la primera como abonado de fondo, y, la segunda, al comienzo del ciclo reproductivo. La dosis de nitrógeno depende de la variedad, el tipo de suelo, las condiciones climáticas, manejo de los fertilizantes, entre otros.

SAG (2010), reporta que se requieren de 159 kg./ha. de urea para satisfacer las necesidades del cultivo, pero el productor tiene que tomar en cuenta las pérdidas por lixiviación, por desnitrificación, por filtración y en esa consideración se tiene que compensar estas pérdidas de tal modo, que la aplicación de urea se puede tornar en una dosis mayor para satisfacer las necesidades de nitrógeno considerando una producción estimada de por lo menos 90 quintales por cuadra.

La dinámica de nitrógeno en el sistema suelo-planta, muchas veces es difícil distinguir el origen de este elemento en la planta, que puede ser de la atmósfera o del suelo, el cual se encuentra en distintas formas orgánicas o inorgánicas. Con el uso de N15 puede determinarse con precisión las rutas que el (N) sigue en el sistema (Muraoka *et al.*, 2013).

La eficiencia de uso de nitrógeno en el cultivo de arroz fluctúa entre 20 y 35 %.

Gran parte de este se pierde por volatilización del amonio, desnitrificación o lixiviación de nitratos; contaminando aguas subterráneas, aguas superficiales y el ambiente (Villarreal *et al.*, 2015).

Quirós y Ramírez (2013), estiman que la eficiencia de la fertilización nitrogenada puede reducirse significativamente en terrenos con bajo contenido de materia orgánica en el perfil, porque esta regula el almacenamiento y liberación de (N) en el suelo.

FAO (2016), argumenta que los nutrientes necesarios para producir una tonelada de arroz con cáscara en los trópicos son de cerca 20,5 kg. de nitrógeno, 5,1 kg. de fósforo y 44.4 kg. de potasio por hectárea. A pesar de la gran diferencia en los rendimientos, la remoción de estos tres elementos es similar entre cultivos de rendimientos medios o altos.

El nitrógeno, es un componente necesario para el crecimiento óptimo de nuestra vegetación, y debe estar presente para la multiplicación de las células vegetales". Además, es un componente necesario de las sustancias encargadas de almacenar y transferir la información genética en las células vegetales, los cromosomas, ribosomas, y protoplasma. También constituye parte de la estructura enzimática, con lo cual participa en las reacciones enzimáticas de los tejidos, desempeñando una función primordial en la obtención de energía (Carreño, 2014).

El nitrógeno, es la variable ambiental más relevante en la fijación del rendimiento en arroz. Este elemento es responsable de procesos fisiológicos como morfogénesis, crecimiento foliar, fotosíntesis y senescencia. El conocimiento de la dinámica del nitrógeno a través de las diferentes etapas de desarrollo de la planta de arroz, así como de los factores ambientales y edafológicos que intervienen en la disponibilidad y pérdidas de este elemento deben convertirse en la herramienta principal de toma de

decisiones de campo, que permitan al agricultor hacer uso eficiente del mismo para obtener altos rendimientos con prácticas de bajo impacto ambiental (Jaramillo *et al.*, 2017).

El nitrógeno (N), es un elemento esencial para las plantas, ya que forma parte de compuestos tan fundamentales como proteínas, ácidos nucleicos y clorofila, necesitándose principalmente en los tejidos vegetales en crecimiento. La ciencia ha demostrado que la vía normal de ingreso de N a las plantas proviene del suelo, y para ser absorbido, se debe encontrar mineralizado, como nitrato (NO_3) y amonio (NH_3). Sin embargo, debido a que se acumula principalmente en formas orgánicas en el suelo, se hace necesaria su transformación microbiana, conocida como mineralización de nitrógeno para dejarlo disponible para las plantas (Urzúa, 2015).

El uso de nitrógeno (N) en la agricultura como fertilizante es indispensable para aumentar la producción de los cultivos, pero el aumento de (N) en los suelos agrícolas lleva asociado un riesgo mayor de contaminación de los ecosistemas. Las pérdidas de nitrógeno pueden afectar tanto a las aguas, como a la atmósfera, habiendo tomado éstas últimas especial relevancia en los últimos años debido al aumento de emisiones de amoníaco y gases de efecto invernadero. La programación del abonado nitrogenado necesita integrar la gestión de las deyecciones ganaderas, sobre todo en zonas con una alta densidad de explotaciones (Quílez, 2014).

CANNA, (2019), refiere que: El nitrógeno es uno de los elementos más importantes que una planta necesita y una parte importante de proteínas, clorofila (hoja verde), vitaminas, hormonas y ADN. Debido a que es un componente de las enzimas, el nitrógeno está involucrado en todas las reacciones enzimáticas y desempeña un papel activo en el metabolismo.

1.6. Malezas en el cultivo de arroz de riego

El uso de semilla sin certificar, muy contaminada con semilla de malezas, ha favorecido la infestación de las parcelas con malezas nocivas al cultivo de arroz. La flora de malezas presente en cualquier campo de arroz depende en parte de las prácticas del manejo agronómico, época y tipo de preparación del suelo, técnicas de establecimiento del cultivo, el uso de riego, la fertilización, los métodos y eficiencia del control de malezas usado por los productores (Zachrisson *et al.*, 2014).

Los controles que en muchos casos se aplican son parciales y a veces erráticos. Los cambios en las prácticas de control originan cambios en las especies de malezas que infestan las áreas arroceras del país.

Según la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria DICTA, (2003) señala:

Las malezas pueden controlarse mejor con una combinación de prácticas, por ejemplo, una cuidadosa preparación del suelo antes de la siembra o al transplante del arroz o también utilizar dosis y/o mezclas adecuadas y/o aplicaciones oportunas de los herbicidas específicos que se utilizaran para controlar las especies de malezas indeseables sin perjudicar al cultivo de arroz.

En general se reconocen 5 métodos para el control de malezas en el cultivo del arroz (Zachrisson *et al.*, 2014).

- Control manual (entresaque de malezas a mano).
- Control mecánico (azadón, cultivadoras, chapeadoras, etc.).
- Control químico (utilización de herbicidas).

- Control cultural (preparación de suelos, inundación, quema, rotaciones, cultivos de cobertura, semilla de buena calidad, etc.).
- Control integrado (utilización de dos o más métodos de los anteriores).

De los métodos indicados anteriormente en el cultivo del arroz, el control químico es el método más utilizado. Se debe considerar que los productores también utilizan indirectamente el control integrado, ya que en cierto grado se aplican varias prácticas de manejo en la plantación durante el ciclo de cultivo. Por ejemplo, algunos productores hacen una buena preparación del suelo, otros efectúan rotaciones o entresacan a mano las malezas que afectan el cultivo, etc.

De acuerdo con (Zachrisson *et al.*, 2014) los grupos con características similares, las malezas se clasifican en:

- **Gramíneas:** Tienen raíces fibrosas, tallos con nudos y entrenudos redondos, hojas lineal lanceoladas, alternas y dispuestas en dos direcciones y flores con espiguillas.
- **Ciperáceas:** Tienen raíces fibrosas, tallos triangulares, hojas con cutículas muy cerosa, basales y dispuestas en tres direcciones.
- **Hojas anchas:** Tienen raíz primaria o pivotante, tallos herbáceos; semi leñosos o leñosos, hojas anchas con venación reticular.

Los agricultores le dan nombres comunes a las malezas, los cuales varían en los diferentes lugares o países. La identificación de las malezas se hace mediante claves y manuales de identificación que presentan las fotos respectivas. Los técnicos y los agricultores deben identificar correctamente las malezas, para tomar decisiones precisas para su manejo (Zachrisson *et al.*, 2014).

Las malezas se reproducen sexualmente (reproducción gámica) y asexualmente (reproducción agámica). La semilla sexual o semilla gámica, se define como un embrión latente, producto de la unión sexual de los gametos de dos plantas compatibles. La reproducción asexual se hace mediante estructuras vegetativas como rizomas, estolones, tubérculos, bulbos, cormos, raíces y fragmentos de tallo.

La diseminación natural de las malezas ocurre por medio del viento, agua, animales o explosión del fruto. La diseminación artificial está asociada a las actividades del hombre, especialmente a través del equipo de laboreo y el uso de semilla de arroz contaminada con semillas de malezas (Zachrisson *et al.*, 2014).

La lucha contra las malezas debe realizarse mediante la técnica del manejo integrado, es decir, aquel sistema en que se combinan prácticas que impiden la invasión, propagación y competencia de las malezas, por otro lado, favorecen el crecimiento y competitividad del arroz, en detrimento de éstas, sin que se produzcan alteraciones fuertes al ambiente (Salazar, 2006).

Las principales técnicas que se utilizan para el control de malezas recomendadas por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) son:

- **Control preventivo:** Se refiere a tomar medidas que eviten la introducción, establecimiento y dispersión de especies nuevas de malezas en la parcela, como el uso de semilla certificada, la limpieza de los equipos antes de entrar a la parcela y evitar que animales de parcelas enmalezadas entren a pastar (Camargo *et al.*, 2014).
- **Control cultural:** Se refiere al buen manejo del agua, luz y suelo, incluye además la rotación de cultivos, al igual que prácticas complementarias, como el uso de variedades vigorosas, la fertilización nitrogenada después del deshierbe,

la buena distribución de la semilla, el uso de semilla pregerminada, época adecuada de siembra y buena densidad de siembra (Camargo *et al*, 2014).

- **Control mecánico:** Es el método que incluye prácticas de cortar o arrancar las malezas manualmente, o con instrumentos para la poda, quema, manejo del agua y uso de maquinaria, para cortar o enterrar las mismas (Camargo *et al*, 2014).
- **Control biológico:** Se refiere al control de malezas utilizando algunos de sus enemigos naturales como los peces, aves, mamíferos, insectos, enfermedades y otras plantas (Camargo *et al*, 2014).
- **Control químico:** Se refiere al uso de sustancias con propiedades herbicidas para eliminar las malezas. Estos productos deben utilizarse adecuadamente para optimizar su eficiencia y reducir posibles riesgos de daños al arroz u otros cultivos vecinos, animales o personas (Camargo *et al*, 2014).

El uso racional de los herbicidas se basa en la calidad de las aplicaciones y la utilización de productos específicos para el tipo de maleza.

El manejo eficiente de las malezas, generalmente, resulta de la combinación de prácticas preventivas, culturales, mecánicas y químicas. La combinación ideal dependerá de varios factores como el tipo de malezas presentes, la severidad del daño que está ocasionando, el tipo de suelo, el sistema de cultivo y la disponibilidad de mano de obra para hacerle frente a las prácticas de manejo y control (Camargo *et al*, 2014).

El monitoreo de los cambios en la flora de las malezas es importante para formular estrategias eficientes de manejo de malezas en el cultivo de arroz. La

identificación de las malezas es el paso inicial para diseñar un programa de manejo eficiente (Camargo *et al*, 2014).

1.7. Densidad de siembra

Las elevadas densidades de siembra son contraproducentes, pues crea las condiciones favorables para que microorganismos (hongos y bacterias), además del ácaro, invadan las parcelas. Las densidades de siembra recomendadas van de 68 kg. (150 lb./ha.) en riego a 136 kg./ha. (300 lb./ha.) en seco, con 85% de germinación de la semilla, que permiten obtener entre 150 y 300 plantas/m² respectivamente. Con estas densidades aseguramos una buena cobertura, para obtener un rendimiento satisfactorio, si las malezas se mantienen bajo control, y se fertiliza con las cantidades necesarias y de manera oportuna. La cantidad de semilla a utilizar dependerá de varios factores como la variedad, el método de siembra, el sistema de cultivo de seco o riego, la calidad de la semilla y la fertilidad del suelo (Camargo *et al.*, 2014).

Se recomienda utilizar semilla certificada, ya que ésta garantiza la germinación y vigor, disminuyendo la incidencia de enfermedades, malezas, arroz rojo y mezclas varietales.

La densidad de siembra es de vital importancia para obtener un rendimiento adecuado del cultivo. La densidad de siembra depende de la variedad en específico, por ejemplo, de 80 a 100 kg./ha. (Jiménez *et al.*, 2009).

Para el cultivar Centauro en Venezuela se probaron densidades de siembra de: 80, 140 y 200 kg./ha. con dosis de nitrógeno de: 80, 120, 160 y 200 kg./ha. en tres localidades; encontrándose que hubo una diferencia significativa para el rendimiento en las distintas localidades, pero no una diferencia entre las densidades sino de la

interacción con la localidad obteniéndose mayor rendimiento con las dosis de 160 y 200 kg./ha. de nitrógeno (Benavides *et al.*, 2014).

El cultivo de arroz es un cultivo con buena respuesta a variaciones en densidad de siembra. Diversos experimentos citados por Yoshida (1972), han demostrado que el cultivo es tolerante a siembra en alta densidad y que los rendimientos mejoran si la capacidad de macollamiento es buena. Es por ello por lo que, en las últimas décadas, los programas de fitomejoramiento han puesto gran énfasis en la producción de cultivares que aseguren altos rendimientos de forma continua, obteniendo como resultado cultivares precoces de buena respuesta a espaciamientos cortos y alta fertilización. El número de plantas por unidad de área se puede incrementar a través del aumento de semilla por hilera o acortando el espacio entre hileras.

Kumar y Ladha (2011), indican que un mayor espaciamiento entre hileras reduce el sombreamiento y el porcentaje de granos estériles; consecuentemente, el rendimiento se ve incrementado. Los autores, además, sugieren que el incremento en cantidad de semilla sembrada no surte efecto significativo sobre el rendimiento ya que el incremento en el número de panículas por unidad de área se ve atenuado por la reducción de granos llenos.

Un alto índice de área foliar (IAF) puede ser alcanzado incrementando la densidad de siembra y el incremento de nutrientes. La planta de arroz ha demostrado ser capaz de producir al menos una panícula por planta aún en poblaciones muy altas. Sin embargo, por encima de cierta cantidad de plantas por unidad de área, el rendimiento se correlaciona negativamente con la densidad de plantas debido al aumento del porcentaje de tallos estériles a causa de autosombreamiento y

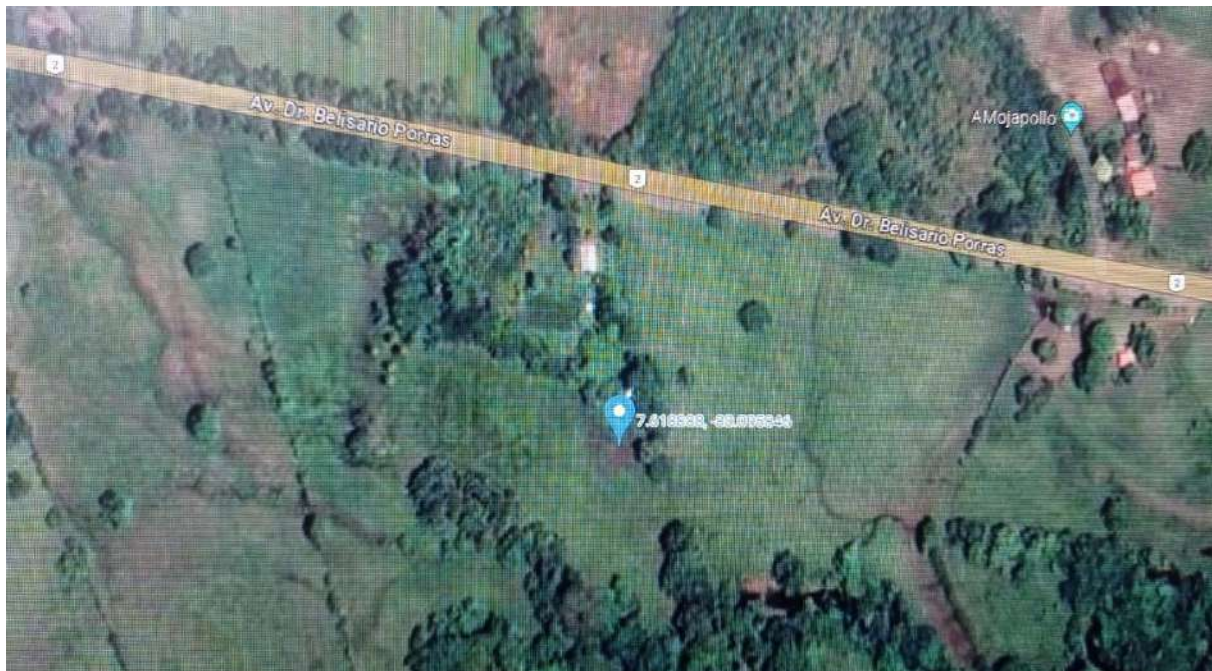
competencia. Como resultado, la producción de materia seca total se comporta asintóticamente con un incremento en densidad de plantas e índice de área foliar (Hinostroza, 2021).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización geográfica

Figura 2

Localización geográfica del proyecto



Fuente: *Elaboración propia.*

El estudio se realizó bajo el sistema de riego en finca, en la localidad de Río Purio, corregimiento de La Laguna, distrito de Pocrí, en la provincia de Los Santos, en las coordenadas: UTM GS84 17N 599731, 842236.

2.2. Material genético

Los materiales genéticos evaluados son dos IFL 069-18 y VF 111-07 líneas elites del proyecto de desarrollo de germoplasma de arroz para los sistemas Mecanizados de Panamá.

2.3. Arreglo en campo y manejo agronómico

2.3.1. Siembra

La siembra se efectuó a chorrillo continuo, con la tasa de siembra calculada para cada densidad. La siembra se realizó en el ciclo agrícola año 2022 específicamente el día 2 de marzo.

2.3.2. Dosis de nitrógeno

Los niveles de nitrógenos a evaluar son 50, 100 y 150 kg. de N*ha⁻¹ y serían fraccionados 0, 25, 45 y 55 días después de la siembra.

2.3.3. Densidades propuestas

Densidad baja (1) 100 plantas m², densidades intermedias (2) 300 plantas m², densidades altas (3) 500 plantas m².

Para determinar las densidades requeridas se consideran parámetros como:

- El peso de la semilla para estimar la cantidad de semilla por quintal.
- El valor cultural (% de germinación de la semilla/pureza física).
- Se efectuará un ajuste de 10% debido a pérdidas de factores abióticos (pájaros, hongos, etc.) y abióticos como siembras muy profundas, exceso hídrico etc.).

2.3.4. Diseño experimental

En el establecimiento del ensayo se utilizó un arreglo factorial de parcelas las divididas en tres repeticiones donde se evaluaron tres factores en arreglo factorial 3 x 2 x 3, donde el factor A son dosis de N como parcela principal, el factor B son líneas elites del programa de mejoramiento y el factor C densidad de siembra.

2.3.5. Unidad experimental

La unidad experimental, de la subparcela estuvo conformada por 10 surcos separados a 0.20 m por 5.0 m de longitud para un tamaño de 10 m², de los cuales 6 surcos centrales constituyeron la parcela efectiva, dejando 0.5 m a cada lado como efecto de borde (4.8 m²).

Las prácticas de manejo agronómico tales como control de malezas, fertilización y control de plagas y enfermedades, se efectuaron de acuerdo con las recomendaciones del IDIAP (Camargo *et al.*, 2014); con riego suplementario.

2.4. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de correlación entre dosis de N aplicado, NDVI, incidencia enfermedades y rendimientos. Se realizó un análisis multivariado de componentes principales.

Se realizó un análisis económico de presupuesto parcial (CIMMYT, 1988). También se realizó análisis de varianza.

2.5. Variables de estudio

- Variables agronómicas: cobertura vegetal, incidencia de enfermedades (manchado de grano, *Helminthosporium rhizoctonia*, bacteriosis) usando el sistema de evaluación estándar para arroz (CIAT, 1983).
- Rendimiento de grano al 14% humedad (kg·ha⁻¹).
- Índice de vegetación normalizada de diferencia, con un sensor portátil GreenSeekerTM (NDVI).
- Análisis de presupuesto parcial (CIMMYT, 1988).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las enfermedades que se presentaron durante el desarrollo del cultivo no fueron significativas debido a que ninguno de los valores reflejado es superior a 3, la mayor cobertura de masa vegetal se dio con la densidad mas alta. El rendimiento promedio obtenido fue de 4.2 t./ha.

Tabla 3

Media de las variable de enfermedades y rendimiento

Factor		GID	SHB	BB	BS	%CC	NDVI	t/ha
Dosis N kg./ha.	50	2.0	2.4	2.1	1.9	79.0	0.50	3.9
	100	2.4	2.1	2.2	2.1	86.9	0.60	4.3
	150	2.6	1.6	2.7	2.2	89.9	0.71	4.4
Variedad	IFL 069-18	2.5	2.2	2.3	2.2	85.8	0.61	4.5
	VF 111-07	2.2	1.9	2.4	2.0	84.7	0.60	3.9
Densidad	Baja	2.2	1.9	2.1	1.9	71.9	0.60	4.3
	Media	2.2	2.1	2.4	2.0	88.6	0.61	4.2
	Alta	2.6	2.2	2.4	2.3	95.3	0.61	4.1
Media		2.3	2.0	2.3	2.1	85.3	0.60	4.2
Desviación estándar		0.7	0.7	0.6	0.7	12.1	0.09	0.7

3.1. Manchado de grano (GID)

El análisis de varianza (Tabla 4), nos muestra que para manchado de grano no existe diferencia estadística entre las dosis de N evaluadas, ni entre variedades, encontrando diferencia estadística entre las densidades. Existe interacción doble entre los factores V*D, D*N y D*V, al igual que se encontró interacción triple N*V*D.

A pesar de no existir diferencia significativa, los mayores valores de manchado de grano, se observan en las dosis más altas de nitrógeno (Tabla 3). Trabajos

realizados por Pinciroli et al. (2004), encontraron que mayores niveles de N implicaban una mayor incidencia en el manchado de granos en arroz.

Tabla 4

Análisis de la varianza para la variable manchado de grano (GID)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	16.89	29	0.58	1.97	0.0475	
Rep	0.33	2	0.17	0.56	0.5771	
Dosis N	3.44	2	1.72	3.65	0.1254	(Error I)
Error I	1.89	4	0.47	1.59	0.2083	
Variedad	1.19	1	1.19	2.13	0.1944	(Error II)
V*D	2.48	2	1.24	2.23	0.0484	(Error II)
Error II	3.33	6	0.56	1.88	0.1268	
Densidad	2.11	2	1.06	3.56	0.0442	
D*N	0.44	4	0.11	0.38	0.0441	
D*V	0.04	2	0.02	0.06	0.0496	
N*V*D	1.63	4	0.41	1.38	0.0472	
Error residual	7.11	24	0.3			
Total	24	53				

CV= 23.3%

La variedad IFL 069-18 presento valores medios de manchado de grano más elevados que el genotipo VF 111-07, aunque estadísticamente fueron similares (Tabla 3). Esparza (2019), reporta diferencias en incidencia de manchado de granos en distintos genotipos de arroz evaluados, considerando la resistencia genetica de cada individuo como un factor importante.

La densidad alta mostró mayor manchado de grano, siendo estadísticamente diferente a las densidades medias y bajas (Tabla 5). Estos resultados coinciden con los reportados por Cruz-Triana et al. (2023), donde altas densidades de siembre incidieron en un mayor manchado de grano de arroz.

Tabla 5

Prueba de separación de medias de Duncan (Alfa=0.05) para densidad

Densidad	Medias
Alta	2.61a
Baja	2.22b
Media	2.17b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la interacción variedad por dosis de nitrógeno, el genotipo VF 111-07 aumenta sus valores de manchado de grano a medida que aumenta la dosis de nitrógeno, sin embargo, en la variedad IFL 069-18, la dosis más baja de N presentó mayor manchado que en la dosis media (Tabla 6). Pincirolí et al (2004) menciona que la fertilización nitrogenada influye en la aparición del manchado del grano de arroz, y diferentes genotipos de arroz pueden reaccionar de manera distinta ante esta.

Tabla 6

Prueba de separación de medias de Duncan (Alfa=0.05) en la interacción variedad por dosis de nitrógeno

Variedad	Dosis N	Medias
IFL 069-18	150	2.67a
VF 111-07	150	2.56a
VF 111-07	100	2.44ab
IFL 069-18	50	2.44ab
IFL 069-18	100	2.33ab
VF 111-07	50	1.56b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la interacción densidad por niveles de nitrógeno, los valores más elevados de manchado de grano se presentaron con la mayor densidad y las dosis medias y altas de nitrógeno, mientras que el menor manchado de grano se encontró utilizando la dosis más baja de nitrógeno, independientemente de la densidad utilizada (Tabla 7).

Para la interacción densidad por variedad, ambos genotipos presentan mayor manchado de grano en la densidad más alta, sin embargo, la variedad IFL 069-18 muestra un mayor manchado de grano en la densidad baja que el genotipo VF 111-07 en las densidades medias y bajas, lo cual denota que, en esta variable, la VF 111-07 es menos afectada en el manchado de grano, aunque se aumente la densidad de siembra (Tabla 8).

Tabla 7

Prueba de separación de medias de Duncan (Alfa=0.05) en la interacción densidad por dosis de nitrógeno.

Densidad	Dosis N	Medias
Alta	150	2.83a
Alta	100	2.83a
Media	150	2.50ab
Baja	150	2.50ab
Baja	100	2.17ab
Media	100	2.17ab
Alta	50	2.17ab
Baja	50	2.00b
Media	50	1.83b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 8

Prueba de separación de medias de Duncan (Alfa=0.05) en la interacción densidad por variedad

Densidad	Variedad	Medias
Alta	IFL 069-18	2.78a
Alta	VF 111-07	2.44ab
Media	IFL 069-18	2.33ab
Baja	IFL 069-18	2.33ab
Baja	VF 111-07	2.11b
Media	VF 111-07	2.00b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Para la interacción dosis de nitrógeno por variedad por densidad, los valores de manchado de grano más elevados se obtuvieron con las densidades más altas y dosis entre 100 y 150 kg. de N/ha. en ambas variedades, mientras que el valor de manchado de grano más bajo se mostró en las bajas dosis de N con las densidades baja y media, en ambos materiales evaluados (Tabla 9).

Tabla 9

Prueba de separación de medias de Duncan (Alfa=0.05) en la interacción dosis de nitrógeno por variedad por densidad

Dosis de N	Variedad	Densidad	Medias
150	IFL 069-18	Alta	3.00a
100	IFL 069-18	Alta	3.00a
100	VF 111-07	Alta	2.67a
50	IFL 069-18	Baja	2.67a
150	IFL 069-18	Media	2.67a
150	VF 111-07	Alta	2.67a
150	VF 111-07	Baja	2.67a
100	VF 111-07	Baja	2.33ab
100	VF 111-07	Media	2.33ab
150	VF 111-07	Media	2.33ab

150	IFL 069-18	Baja	2.33ab
50	IFL 069-18	Alta	2.33ab
50	IFL 069-18	Media	2.33ab
50	VF 111-07	Alta	2.00ab
100	IFL 069-18	Baja	2.00ab
100	IFL 069-18	Media	2.00ab
50	VF 111-07	Baja	1.33b
50	VF 111-07	Media	1.33b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.2. Rhizoctonia (SHB)

El análisis de varianza (Tabla 10), nos muestra que para Rhizoctonia, existe diferencia estadística significativa entre las dosis N, mientras que para el factor variedades y densidades no existe diferencia. Existe interacción doble entre los factores D*N, al igual que se encontró interacción triple N*V*D.

La variedad IFL 069-18 presento valores medios de Rhizoctonia más elevados que el genotipo VF 111-07, aunque estadísticamente fueron similares (Tabla 3). Pérez et al (2023) reporta que la incidencia de esta enfermedad fue distinta en 10 genotipos de arroz evaluados.

A pesar de no existir diferencia significativa, los mayores valores de Rhizoctonia, se observan en las densidades más altas (Tabla 3). Estos resultados coinciden con los reportados por Tordecilla et al (2012), los cuales no encontraron diferencia entre la incidencia de Rhizoctonia en diferentes densidades de siembra en el cultivo de arroz.

Tabla 10*Análisis de la varianza para la variable Rhizoctonia (SHB)*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	23.48	29	0.81	4.37	0.0002	
Rep	5.59	2	2.8	15.1	0.0001	
Dosis N	6.26	2	3.13	16.9	0.0112	(Error I)
Error I	0.74	4	0.19	1	0.4269	
Variedad	0.67	1	0.67	0.61	0.4644	(Error II)
V*D	1.44	2	0.72	0.66	0.5502	(Error II)
Error II	6.56	6	1.09	5.9	0.0007	
Densidad	0.7	2	0.35	1.9	0.1714	
D*N	0.3	4	0.07	0.4	0.0467	
D*V	0.33	2	0.17	0.9	0.4199	
N*V*D	0.89	4	0.22	1.2	0.0365	
Error residual	4.44	24	0.19			
Total	27.93	53				
CV= 21.13%						

A dosis más bajas y medias de nitrógeno se observó valores mayores de Rhizoctonia siendo significativamente diferente y mayor que a dosis más alta (Tabla 11). Estos resultados difieren con lo reportado por Martínez et al (2022), el cual indica que la incidencia de Rhizoctonia puede aumentar hasta un 64% en condiciones de alta nutrición mineral debido que plantas bien nutridas aumentan el número de tallos reduciendo la aireación, aumentado la temperatura y humedad relativa, condiciones propicias para el desarrollo de patógenos.

Tabla 11

Medidas para la Variable Rhizoctonia (SHB) con diferentes dosis de nitrógeno

Dosis N	Medias
50	2.44a
100	2.06a
150	1.61b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la interacción densidad por niveles de nitrógeno, los valores más elevados de Rhizoctonia se presentaron con la dosis baja y media de N, a las diferentes densidades evaluadas siendo significativamente mayor que las dosis más altas evaluadas (Tabla 12). Gutiérrez (2011), no encontró interacción al evaluar densidades de siembra y dosis de N en la incidencia de Rhizoctonia.

Tabla 12

Medidas para la Variable Rhizoctonia (SHB) en la interacción densidad por dosis de nitrógeno

Densidad	Dosis N	Medias
Alta	50	2.50 ^a
Media	50	2.50 ^a
Baja	50	2.33ab
Alta	100	2.17abc
Media	100	2.00abc
Baja	100	2.00abc
Alta	150	1.83bcd
Media	150	1.67cd
Baja	150	1.33d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Para la interacción dosis de nitrógeno por variedad por densidad, los valores de Rhizoctonia más elevados se obtuvieron con las dosis más bajas de N y densidades alta, media en la variedad IFL 069-18, mientras que el valor de Rhizoctonia más bajo,

se mostró en la alta dosis de N con la densidad más baja, en ambos materiales evaluados (Tabla 13).

Tabla 13

Medidas para la Variable Rhizoctonia (SHB) en la interacción dosis de nitrógeno, variedad por densidad.

Dosis N	Variedad	Densidad	Medias
50	IFL 069-18	Alta	3.00a
50	IFL 069-18	Media	3.00a
50	VF 111-07	Baja	2.33ab
100	IFL 069-18	Alta	2.33ab
50	IFL 069-18	Baja	2.33ab
100	VF 111-07	Alta	2.00bc
100	VF 111-07	Baja	2.00bc
150	VF 111-07	Alta	2.00bc
100	VF 111-07	Media	2.00bc
50	VF 111-07	Alta	2.00bc
50	VF 111-07	Media	2.00bc
100	IFL 069-18	Media	2.00bc
100	IFL 069-18	Baja	2.00bc
150	VF 111-07	Media	1.67bc
150	IFL 069-18	Media	1.67bc
150	IFL 069-18	Alta	1.67bc
150	VF 111-07	Baja	1.33c
150	IFL 069-18	Baja	1.33c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.3. Bacteria (BB)

El análisis de varianza (Cuadro 14), nos muestra que para bacteria no existe diferencia estadística entre las dosis de N evaluadas, ni entre variedades, encontrando diferencia estadística entre las densidades. Existe interacción doble entre los factores D*N, al igual que se encontró interacción triple N*V*D.

A pesar de no existir diferencia significativa, los mayores valores de bacteria se observan en las dosis más altas de nitrógeno (Tabla 3). León (2018), menciona que el abuso en el uso de la fertilización nitrogenada es una condición que favorece la severidad de bacteriosis en arroz.

La variedad VF 111-07 presento valores medios de bacteria más elevados que el genotipo IFL 069-18, aunque estadísticamente fueron similares (Tabla 3). Trabajos realizados por Herrera et al (2021), reportan un grado de susceptibilidad distinto en 7 variedades de arroz comercial en Panamá.

Tabla 14

Análisis de la varianza para la variable bacteria (BB)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	17.33	29	0.6	3.07	0.003	
Rep	0.44	2	0.22	1.14	0.336	
Dosis N	4.33	2	2.17	2.05	0.244	(Error I)
Error I	4.22	4	1.06	5.43	0.003	
Variedad	0.07	1	0.07	0.1	0.768	(Error II)
V*D	0.93	2	0.46	0.6	0.581	(Error II)
Error II	4.67	6	0.78	4	0.007	
Densidad	1.33	2	0.67	3.43	0.049	
D*N	0.67	4	0.17	0.86	0.035	
D*V	0.15	2	0.07	0.38	0.687	
N*V*D	0.52	4	0.13	0.67	0.049	
Error residual	4.67	24	0.19			
Total	22	53				
CV= 18.90%						

La densidad más alta y media mostró mayores incidencias de bacteria, siendo estadísticamente diferente a las densidades bajas (Tabla 15). Estos resultados coinciden con lo mencionado por Pérez y Saavedra (2011), donde se evaluaron densidades de siembra en diferentes variedades de arroz, encontrando que la incidencia de bacteriosis aumentó a medida que se incrementaba en número de plantas/m².

Tabla 15

Medidas para la variable bacteria (BB) con diferentes densidades

Densidad	Medias
Alta	2.44a
Media	2.44a
Baja	2.11b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la interacción densidad por niveles de nitrógeno, los valores más elevados de bacteria se presentaron en las dosis más altas de nitrógeno y con la mayor densidad, mientras que las menores medias de bacteria se encontraron utilizando la dosis más baja y media de nitrógeno y a densidades bajas y alta (Tabla 16).

Para la interacción dosis de nitrógeno por variedad por densidad, los valores de bacteria más elevados se obtuvieron con las dosis más altas de N y densidades alta, media en ambos materiales evaluados, mientras que el valor de bacteria más bajo se mostró en las dosis bajas y medias de N, independientemente de la densidad utilizada, en ambos materiales evaluados (Tabla 17).

Tabla 16

Medidas para la variable bacteria (BB) en la interacción densidad por dosis de nitrógeno

Densidad	Dosis N	Medias
Alta	150	3.00a
Media	150	2.83ab
Baja	150	2.33bc
Media	100	2.33bc
Alta	100	2.33bc
Media	50	2.17c
Alta	50	2.00c
Baja	50	2.00c
Baja	100	2.00c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 17

Medidas para la variable bacteria (BB) en la interacción dosis de nitrógeno, variedad por densidad

Dosis N	Variedad	Densidad	Medias
150	VF 111-07	Alta	3.00a
150	IFL 069-18	Media	3.00a
150	IFL 069-18	Alta	3.00a
150	VF 111-07	Media	2.67ab
100	VF 111-07	Media	2.67ab
100	VF 111-07	Alta	2.67ab
50	IFL 069-18	Media	2.33ab
150	VF 111-07	Baja	2.33ab
150	IFL 069-18	Baja	2.33ab
100	VF 111-07	Baja	2.00b
50	VF 111-07	Baja	2.00b
50	VF 111-07	Alta	2.00b
50	IFL 069-18	Baja	2.00b
50	IFL 069-18	Alta	2.00b
100	IFL 069-18	Media	2.00b
100	IFL 069-18	Baja	2.00b
100	IFL 069-18	Alta	2.00b
50	VF 111-07	Media	2.00b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.4. Helminthosporium (BS)

El análisis de varianza (Tabla 18), nos muestra que para Helminthosporium no existe diferencia estadística entre las dosis de N, variedades, ni entre las densidades evaluadas. No existe ninguna interacción doble entre los factores. Existe interacción triple entre N*V*D.

Tabla 18

Análisis DE LA VARIANZA PARA LA VARIABLE Helminthosporium (BS)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	16.15	29	0.56	1.4	0.203	
Rep	2.81	2	1.41	3.53	0.045	
Dosis N	1.04	2	0.52	1.75	0.284	(Error I)
Error I	1.19	4	0.3	0.74	0.571	
Variedad	0.3	1	0.3	0.35	0.577	(Error II)
V*D	1.93	2	0.96	1.13	0.383	(Error II)
Error II	5.11	6	0.85	2.14	0.086	
Densidad	1.93	2	0.96	2.42	0.110	
D*N	0.41	4	0.1	0.26	0.903	
D*V	0.15	2	0.07	0.19	0.831	
N*V*D	1.3	4	0.32	0.81	0.049	
Error residual	9.56	24	0.4			
Total	25.7	53				

CV= 30.42%

A pesar de no existir diferencia significativa, los mayores valores de Helminthosporium, se observan en las dosis más altas de nitrógeno (Tabla 3). Martínez et al (2022), mencionan que se ha demostrado que existe una correlación entre condiciones altas de nitrógeno (N) y la severidad de patógenos en el cultivo de arroz.

La variedad IFL 069-18 presento valores medios de Helminthosporium más elevados que el genotipo VF 111-07, aunque estadísticamente fueron similares (Tabla 3). Camargo (2012), menciona que las variedades de arroz comerciales en Panamá tienen diferente grado de susceptibilidad al hongo Helminthosporium.

A pesar de no existir diferencia significativa, los mayores valores de Helminthosporium, se observan en las densidades más altas y media (Tabla 3).

Para la interacción dosis de nitrógeno por variedad por densidad, los valores de Helminthosporium más elevados se obtuvieron con las dosis más altas de N y densidad alta, en el genotipo ILF 069-18, mientras que el valor de Helminthosporium

más bajo, se mostró en las dosis más bajas de N en las densidades media y baja, en el genotipo VF 111-07 (Tabla 19).

Tabla 19

Medidas para la variable Helminthosporium (BS) en la interacción dosis de nitrógeno por variedad por densidad

Dosis N	Variedad	Densidad	Medias
150	IFL 069-18	Alta	2.67a
100	IFL 069-18	Alta	2.33a
100	VF 111-07	Media	2.33a
100	VF 111-07	Alta	2.33a
150	IFL 069-18	Media	2.33a
50	IFL 069-18	Alta	2.33a
50	IFL 069-18	Baja	2.33a
150	VF 111-07	Baja	2.33a
150	VF 111-07	Alta	2.33a
100	VF 111-07	Baja	2.00ab
100	IFL 069-18	Media	2.00ab
50	VF 111-07	Alta	2.00ab
50	IFL 069-18	Media	2.00ab
150	VF 111-07	Media	2.00ab
100	IFL 069-18	Baja	1.67b
150	IFL 069-18	Baja	1.67b
50	VF 111-07	Media	1.33b
50	VF 111-07	Baja	1.33b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.5. Cobertura vegetal (%CC)

El análisis de varianza (Tabla 20), nos muestra que para cobertura vegetal existe diferencia estadística altamente significativa entre las dosis de N y densidades evaluadas, y diferencia significativa entre las variedades. Existe interacción doble entre los factores V*N, D*N y D*V, al igual que se encontró interacción triple entre N*V*D.

Tabla 20

Análisis de la varianza para la variable cobertura vegetal (%CC)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	7524	29	259	37.07	<0.0001	
Rep	99	2	49	7.07	0.004	
Dosis N	1131	2	565	39.87	0.002	(Error I)
Error I	56	4	14	2.03	0.123	
Variedad	15	1	15	9.48	0.022	(Error II)
V*D	10	2	5	3.21	0.013	(Error II)
Error II	9	6	1	0.23	0.962	
Densidad	5208	2	2604	372.12	<0.0001	
D*N	968	4	242	34.59	<0.0001	
D*V	12	2	6	0.93	0.010	
N*V*D	11	4	2	0.39	0.015	
Error residual	167	24	7			
Total	7691	53				

CV= 3.10%

La variedad IFL 069-18 presento valores medios de cobertura vegetal más elevados que el genotipo VF 111-07, siendo estadísticamente diferentes (Tabla 21). Melo (2019), menciona que, al parametrizar diferentes variedades de arroz para utilizarlos en modelos de simulación, se encontraron diferentes valores de cobertura vegetal para cada una de ellas.

Tabla 21

Medidas para la variable cobertura vegetal (%CC) con diferentes variedades

Variedad	Medias
IFL 069-18	85.81a
VF 111-07	84.74b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

A dosis más altas y medias de nitrógeno se observó valores mayores de cobertura vegetal siendo altamente significativa y diferente que a dosis más bajas

(Tabla 22), similar a lo reportado por Castillo y Silva (2020), donde a dosis media y alta (100 y 150 kg. N/ha.), presentaron mayor cobertura vegetal en arroz, estadísticamente distintas a las obtenidas con dosis bajas (0 y 50 kg. N/ha.). Elevadas dosis de N pueden producir un sombreado entre sus hojas por el crecimiento vegetativo excesivo, lo cual puede incrementar el número de hijos improductivos (Dobermann & Fairhurst, 2005).

Tabla 22

Medidas para la variable cobertura Vegetal (%CC) con diferentes dosis de nitrógeno

Dosis N	Medias
150	89.91a
100	86.89a
50	79.04b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La densidad alta mostró mayor cobertura vegetal, siendo altamente significativa y diferente a las densidades medias y bajas (Tabla 23).

Tabla 23

medidas para la variable cobertura vegetal (%CC) con diferentes densidades

Densidad	Medias
Alta	95.31a
Media	88.58b
Baja	71.94c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la interacción variedad por dosis de nitrógeno, el genotipo IFL 069-18 aumenta sus valores de cobertura vegetal a medida que aumenta la dosis de nitrógeno, y en la variedad VF 111-07, la dosis más baja de N presentó menor

cobertura vegetal y diferencia significativa en cuanto a la media del genotipo IFL 069-18 (Tabla 24).

Tabla 24

Medidas para la variable cobertura vegetal (%CC) en la interacción variedad por dosis de nitrógeno

Variedad	Dosis N	Medias
IFL 069-18	150	90.09a
VF 111-07	150	89.72a
IFL 069-18	100	87.16b
VF 111-07	100	86.62b
IFL 069-18	50	80.20c
VF 111-07	50	77.89d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la interacción densidad por niveles de nitrógeno, los valores más elevados de cobertura vegetal se presentaron con la densidad más alta, independientemente de la dosis de N y no existió diferencia significativa, mientras que la menor cobertura vegetal se encontró utilizando la dosis más baja de nitrógeno, independientemente de la densidad utilizada (Tabla 25).

Tabla 25

Medidas para la variable cobertura vegetal (%CC) en la interacción densidad por dosis de nitrógeno

Densidad	Dosis N	Medias
Alta	150	96.58a
Alta	100	95.20a
Alta	50	94.15a
Media	150	91.38bc
Media	100	88.78c
Media	50	85.58d

Baja	150	81.75e
Baja	100	76.68f
Baja	50	57.40g

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Para la interacción densidad por variedad, ambos genotipos presentan mayor cobertura vegetal en la densidad más alta, sin embargo, la variedad IFL 069-18 muestra una mayor cobertura vegetal en todas independientemente de las densidades que el genotipo VF 111-07, lo cual denota que a densidad más alta mayor cobertura vegetal (Tabla 26).

Tabla 26

Medidas para la Variable Cobertura Vegetal (%CC) en la interacción Densidad por Variedad

Densidad	Variedad	Medias
Alta	IFL 069-18	95.38a
Alta	VF 111-07	95.24a
Media	IFL 069-18	88.91b
Media	VF 111-07	88.26b
Baja	IFL 069-18	73.16c
Baja	VF 111-07	70.73c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Para la interacción dosis de nitrógeno por variedad por densidad, los valores de cobertura vegetal más elevados se obtuvieron con las dosis N y densidades más altas en ambos materiales evaluados y no mostraron diferencia significativa entre sí, mientras que el valor de cobertura vegetal más bajo se mostró en la dosis de N y densidad más baja, en ambos materiales evaluados (Tabla 27).

Tabla 27

Medidas para la variable cobertura vegetal (%CC) en la interacción dosis de nitrógeno por variedad por densidad

Dosis N	Variedad	Densidad	Medias
150	VF 111-07	Alta	96.60a
150	IFL 069-18	Alta	96.57a
100	IFL 069-18	Alta	95.33ab
100	VF 111-07	Alta	95.07ab
50	IFL 069-18	Alta	94.23ab
50	VF 111-07	Alta	94.07ab
150	IFL 069-18	Media	91.43bc
150	VF 111-07	Media	91.33bc
100	IFL 069-18	Media	89.03cd
100	VF 111-07	Media	88.53cd
50	IFL 069-18	Media	86.27de
50	VF 111-07	Media	84.90def
150	IFL 069-18	Baja	82.27ef
150	VF 111-07	Baja	81.23fg
100	IFL 069-18	Baja	77.10gh
100	VF 111-07	Baja	76.27h
50	IFL 069-18	Baja	60.10i
50	VF 111-07	Baja	54.70j

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.6. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

El análisis de varianza (Tabla 28), nos muestra que para índice de vegetación de diferencia normalizada existe diferencia estadística altamente significativa entre las dosis de N evaluadas, entre las densidades y no así entre variedades. No existe interacción doble entre los factores V*N, D*N y D*V. Se encontró interacción triple entre N*V*D.

Tabla 28

Análisis de la varianza para la variable índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	0.4	29	0.01	36.59	<0.0001	
Rep	4.50E-03	2	2.20E-03	5.95	0.008	
Dosis N	0.36	2	0.18	140.71	0.0002	(Error I)
Error I	0.01	4	1.30E-03	3.45	0.0231	
Variedad	3.00E-05	1	3.00E-05	0.01	0.9164	(Error II)
V*D	2.20E-03	2	1.10E-03	0.45	0.0501	(Error II)
Error II	0.01	6	2.50E-03	6.59	0.0003	
Densidad	2.60E-03	2	1.30E-03	3.46	0.0479	
D*N	3.90E-03	4	9.90E-04	2.63	0.0596	
D*V	1.90E-04	2	9.60E-05	0.26	0.7756	
N*V*D	4.70E-04	4	1.20E-04	0.32	0.0464	
Error residual	0.01	24	3.80E-04			
Total	0.41	53				

CV= 3.20%

La variedad IFL 069-18 presento valores medios de índice de vegetación de diferencia normalizada más elevados que el genotipo VF 111-07, aunque estadísticamente fueron similares (Cuadro 3). Los valores de NDVI representan un índice de vigor o verdor, el cual puede variar de acuerdo con la variedad, como lo mencionan Barahona-Amores et al (2018), en un estudio para generar índices hídricos el cultivo de arroz, encontrando diferencia en el NDVI de dos variedades comerciales en Panamá.

A dosis más altas de nitrógeno se observó valores mayores de índice de vegetación de diferencia normalizada siendo significativamente diferente a dosis medias y bajas (Tabla 29). Estos resultados difieren por los reportados por Aguirre y Posser (2017), donde la relación entre el NDVI y el porcentaje de nitrógeno en planta no fue la esperada, donde las lecturas de NDVI tanto a primordio como a post primordio,

diferenciaron estadísticamente únicamente el testigo de los demás tratamientos de nitrógeno.

Tabla 29

Medidas para la variable índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) con diferentes dosis de nitrógeno

Dosis N	Medias
150	0.71a
100	0.60b
50	0.50c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

A densidades media se observó un mayor índice de vegetación de diferencia normalizada siendo significativamente diferente que a dosis más baja (Tabla 30). Gutiérrez-Soto et al (2011), menciona que las aplicaciones del GreenSeeker han sido mejor evaluadas en cultivos como el arroz y que sus valores podrían representar las densidades más altas posible en el follaje.

Tabla 30

Medidas para la variable índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) con diferentes densidades

Densidad	Medias
Media	0.61a
Alta	0.61ab
Baja	0.60 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Para la interacción dosis de nitrógeno por variedad por densidad, los valores de índice de vegetación de diferencia normalizada más elevados se obtuvieron con las dosis más altas de N y densidad alta, en el genotipo ILF 069-18, mientras que el

valor de índice de vegetación de diferencia normalizada más bajo se mostró en las dosis más bajas de N en las densidades bajas, en el genotipo VF 111-07 (Tabla 31).

Tabla 31

Medidas para la variable índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en la interacción dosis de nitrógeno por variedad por densidad

Dosis N	Variedad	Densidad	Medias
150	IFL 069-18	Media	0.72a
150	IFL 069-18	Baja	0.71a
150	VF 111-07	Media	0.71a
150	IFL 069-18	Alta	0.71a
150	VF 111-07	Baja	0.69a
150	VF 111-07	Alta	0.69a
100	VF 111-07	Alta	0.62b
100	VF 111-07	Baja	0.62b
100	VF 111-07	Media	0.60b
100	IFL 069-18	Alta	0.60b
100	IFL 069-18	Media	0.60b
100	IFL 069-18	Baja	0.59b
50	IFL 069-18	Media	0.53c
50	VF 111-07	Alta	0.51cd
50	IFL 069-18	Alta	0.51cd
50	VF 111-07	Media	0.51cd
50	IFL 069-18	Baja	0.48d
50	VF 111-07	Baja	0.48d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

3.7. Rendimiento de grano (t/ha.)

El análisis de varianza (Tabla 32), nos muestra que para tonelada por hectárea no existe diferencia estadística entre las dosis de N evaluadas ni las densidades y que existe diferencia estadística entre las variedades. Existe interacción doble entre los factores V*N, D*N y D*V, al igual que se encontró interacción triple entre N*V*D.

A pesar de no existir diferencia significativa, los mayores rendimientos de grano se observan en las dosis más altas de nitrógeno (Tabla 3). Resultados reportados por

Gutiérrez (2011), Acevedo et al (2011), Arias-Badilla (2020) y Muñoz (2023), encontraron mayor rendimiento en arroz respecto a las dosis de N más altas. En contraste con esto, Deambrosi & Méndez (2007), reportan mejor respuesta al rendimiento a dosis media de N (80 kg./ha.) en dos variedades de arroz, similar a lo reportado por Porras (2013), quien menciona que los mejores de rendimientos de arroz se obtuvieron con dosis de 75 kg./ha. Trabajos realizados por Flores (2017), reporta diferencia estadística en los rendimientos de arroz con dosis alta de N (140 kg./ha.), mas no encontró diferencia en las dosis de 50, 80 y 120 kg. N/ha. González y Brenes (2021), reportan que los mejores rendimientos en arroz se presentaron con las dosis de 180 y 240 kg. N/ha. siendo estadísticamente similar entre ellos, diferenciándose solo con el testigo. Similar a lo encontrado por estos últimos autores, Zamora & Díaz (2022), evaluaron dosis de 120, 150 y 180kg. N/ha. encontrando solo diferencia estadística con el testigo, en cuanto a rendimiento.

Tabla 32

Análisis de la varianza para la variable tonelada por hectárea (t/ha.)

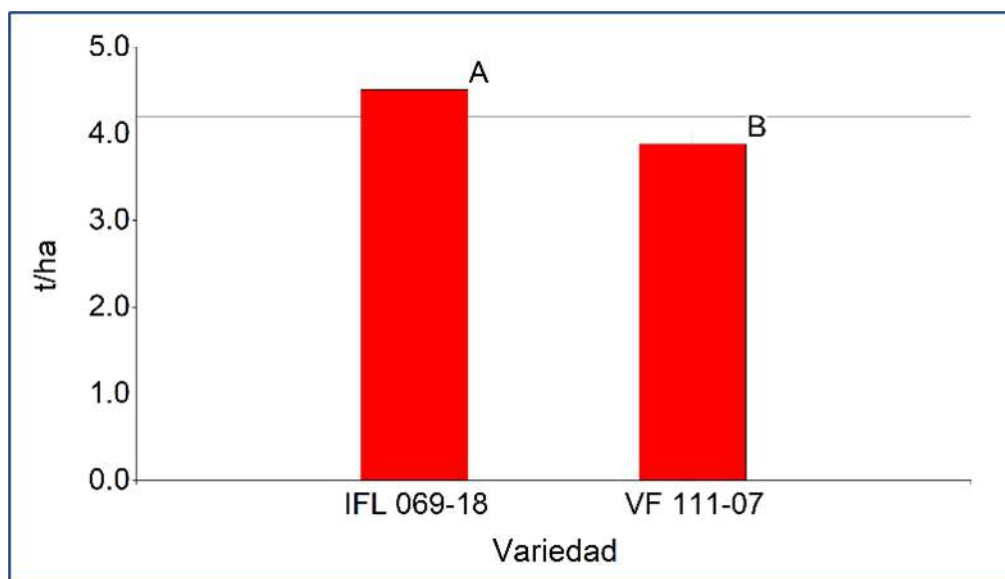
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	22.81	29	0.79	5.57	<0.0001	
Rep	3.41	2	1.71	12.09	0.000	
Dosis N	3.06	2	1.53	1.4	0.346	(Error I)
Error I	4.36	4	1.09	7.73	0.000	
Variedad	5.24	1	5.24	9.67	0.021	(Error II)
V*D	0.72	2	0.36	0.67	0.047	(Error II)
Error II	3.25	6	0.54	3.84	0.008	
Densidad	0.3	2	0.15	1.06	0.362	
D*N	1.71	4	0.43	3.03	0.037	
D*V	0.09	2	0.04	0.31	0.038	
N*V*D	0.67	4	0.17	1.19	0.040	
Error residual	3.39	24	0.14			
Total	26.2	53				

CV= 8.95%

La densidad baja presenta rendimientos de granos superior, aunque estadísticamente similar a las densidades medias y baja (Tabla 3). Estos resultados coinciden con los reportados en Uruguay (Deambrosi & Méndez, 2007), Costa Rica (Gutiérrez, 2011; Porras, 2013), Nicaragua (González y Brenes, 2021; Zamora y Díaz 2022), los cuales no encontraron diferencia estadística entre las densidades evaluadas en arroz. Otros autores (Acevedo et al, 2011), realizaron trabajos similares, evaluando dosis de N y distintas densidades en arroz en 3 localidades de Venezuela, encontrando diferencia en rendimientos de acuerdo con las densidades utilizadas solo en una de las 3 localidades. Resultados distintos a los mencionados fueron reportados por Flores (2017), encontrando rendimientos de grano más altos con densidades de siembra media, estadísticamente diferentes a los rendimientos con densidades bajas y altas. Muñoz (2023) encontró mayores rendimientos de grano en las densidades de arroz más bajas evaluadas, contrario a lo que mencionan Arias-Bobadilla et al (2020), donde las 3 variedades evaluadas alcanzaron su máxima productividad cuando se sembraron a una densidad más alta.

Figura 3

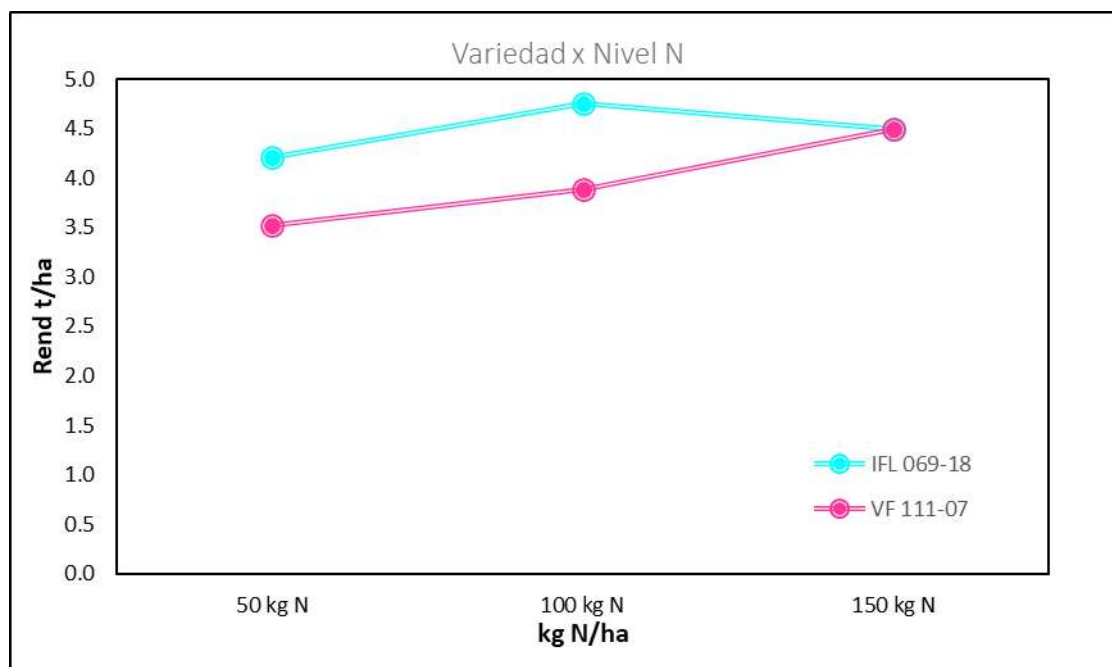
Medidas para la variable tonelada por hectárea (t./ha.) con diferentes variedades



En la interacción variedad por dosis de nitrógeno, el genotipo IFL 069-18 aumenta sus valores de tonelada por hectárea a medida que aumenta la dosis de nitrógeno, sin embargo, en la variedad VF 111-07, la+ dosis más baja y media de N presentó mejores medias de tonelada por hectárea (Figura 4). Estos resultados coinciden con los de Deambrosi y Méndez (2007), donde el agregado de N tuvo efectos significativos en los rendimientos y en ambas variedades las respuestas fueron diferentes.

Figura 4

Gráfica de la interacción variedad por dosis de nitrógeno en rendimiento de grano

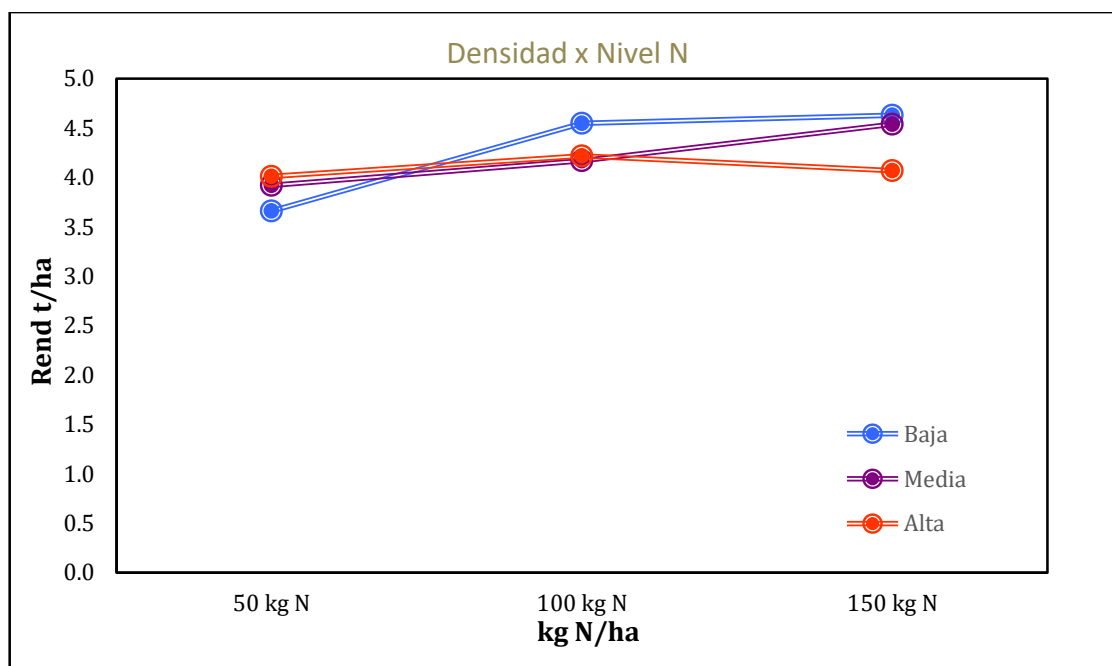


En la interacción densidad por niveles de nitrógeno, los genotipos con baja densidad tienen similar rendimiento con 100 y 150kg. N/ha. con la densidad alta los rendimientos son similares en los tres niveles de N, mientras que, con la densidad media, los rendimientos aumentan a medida que aumenta el nivel de N aplicado (figura 5). Gutiérrez (2011), hace referencia a que conforme aumenta la densidad y la dosis de nitrógeno aplicado, el rendimiento aumenta hasta alcanzar un máximo, mientras que Acevedo et al (2011), mencionan que cuando se estudia la interacción de ambos factores (densidad x nitrógeno), el análisis detecta diferencias significativas en las localidades de Barinas y Guárico, sugiriendo que la interacción de ambos factores afecta el rendimiento de granos, lo contrario ocurre en portuguesa. Deambrosi y Méndez (2007) y Flores (2017), describen que ni la densidad de siembra, ni su

interacción con el agregado de nitrógeno, afectó el rendimiento de ninguna de las variedades.

Figura 5

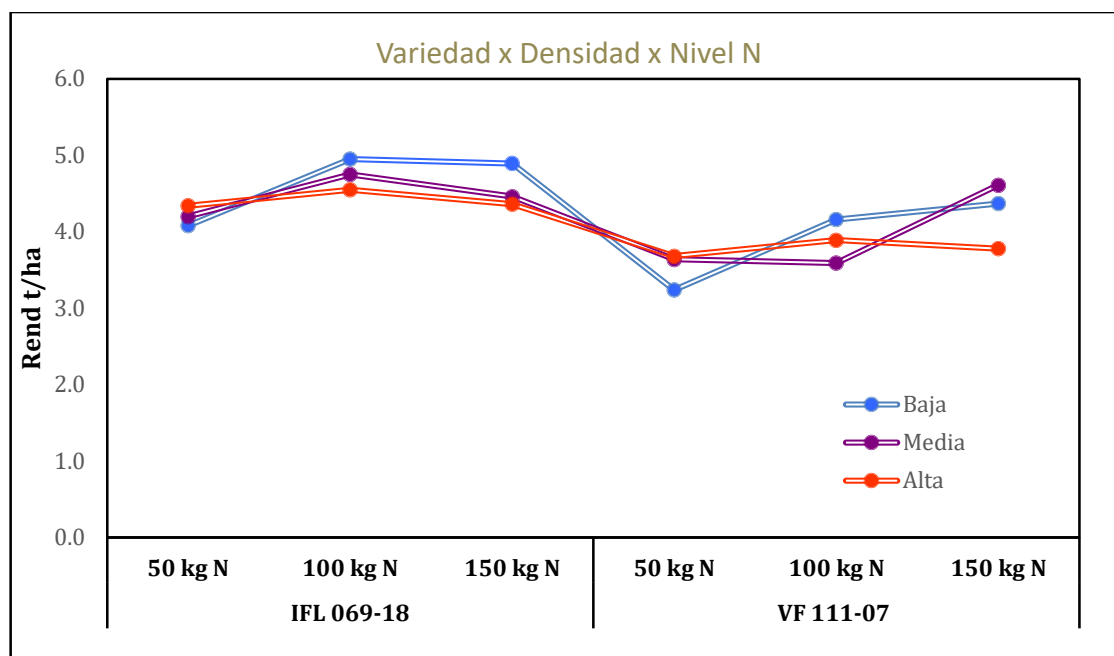
Gráfica de la interacción densidad por dosis de nitrógeno en rendimiento de grano



En la interacción triple (variedad x densidad x nitrógeno), la variedad IFL 069 responde mejor a la densidad baja con niveles de 100 y 150kg. N/ha. mientras que para el genotipo VF 111-07 lo mejores rendimientos se obtuvieron con la dosis de 150 kg./ha. de nitrógeno utilizando densidades medias y bajas. (figura 6). Resultados similares fueron reportados por Arias-Badilla et al (2020), indicando que las tres variedades de arroz evaluadas responden de manera distinta a la interacción de los niveles de nitrógeno aplicados y a las densidades de siembra utilizadas.

Figura 6

Gráfica de la interacción densidad por dosis de nitrógeno por genotipo en rendimiento de grano



3.8. Análisis de correlación

El análisis de correlación de Pearson (Tabla 33), indica una correlación positiva entre el índice normalizado diferencial de vegetación (NDVI) y la dosis de N aplicada por hectarea ($R: 0.95$), corroborando lo encontrado en el análisis de varianza para NDVI, donde a medida que aumenta la dosis de N, aumenta el valor NDVI, similar a lo reportado por Castillo y Silva (2020), los cuales reportan una correlación positiva del NDVI a medida que se incrementaban las dosis de N/ha. en el cultivo de arroz.

Se encontró una correlación positiva entre la densidad de siembra y la cobertura vegetal ($R: 0.76$), como se encontró en el análisis de varianza para esta variable, en donde a mayor densidad de siembra utilizada mayor es el porcentaje de

cobertura obtenido. Entre el manchado de grano (GID) y la incidencia de *Helminthosporium* se presenta una correlación positiva ($R: 0.71$), aduciendo que este hongo tiene gran influencia en el manchado de grano del cultivo de arroz. Rivero et al (2012), reportaron en un estudio sobre hongos asociados al manchado de grano en arroz, que el *Helminthosporium* fue el hongo que causó los daños más intensos. Se caracterizó por mostrar manchas pardas oscuras a negras muy extendidas sobre la cubierta seminal y el endospermo; en la mayoría de los granos éstas cubrieron las glumas totalmente.

Tabla 33

Análisis de correlación de Pearson de las variables evaluadas

	<i>Dosis</i>									
	<i>N</i>	<i>densidad</i>	<i>GID</i>	<i>SHB</i>	<i>BB</i>	<i>EE</i>	<i>BS</i>	<i>%CC</i>	<i>NDVI</i>	<i>t./ha.</i>
Dosis N										
densidad	0.042									
GID	0.374	0.241								
SHB	-0.473	0.162	0.129							
BB	0.426	0.211	0.522	-						
EE	0.189	0.267	0.335	0.003	0.551					
BS	0.197	0.242	0.711	0.405	0.491	0.379				
%CC	0.372	0.764	0.321	0.010	0.343	0.337	0.330			
NDVI	0.946	0.091	0.318	-	0.385	0.202	0.176	0.438		
t/ha.	0.320	-0.109	-	-	-	-	-	0.143	0.354	

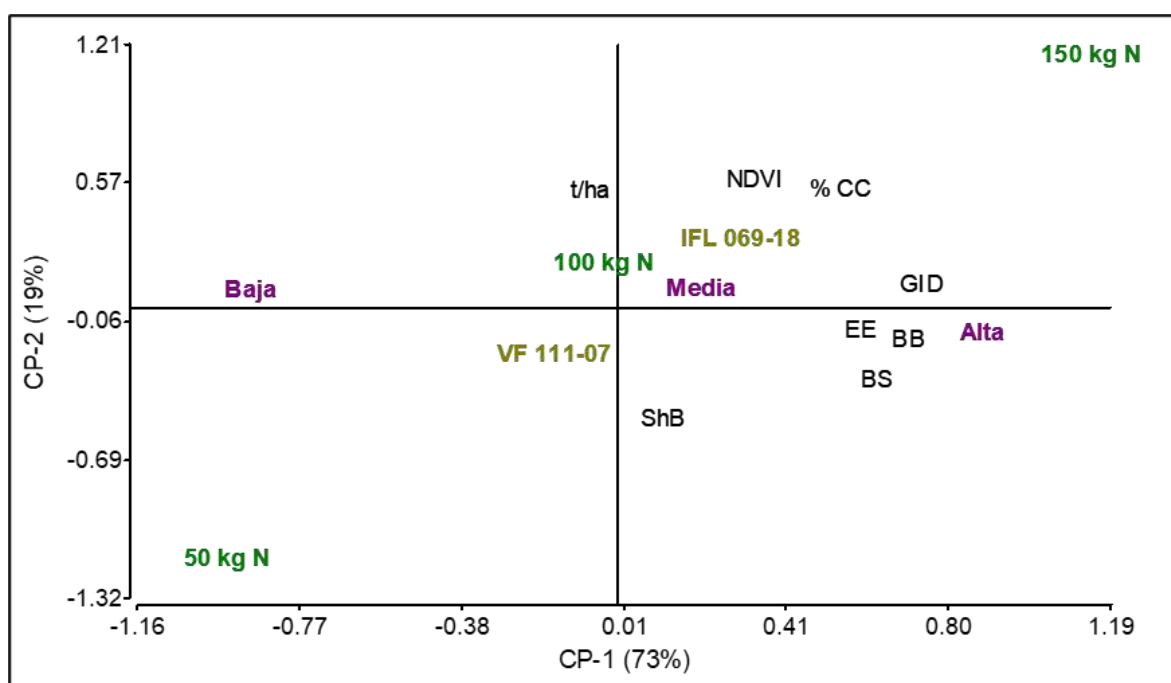
3.9. Análisis de componentes principales

En el grafico biplot del analisis multivariado de componentes principales (Figura 7), se observa que el CP-1 explica el 73% y el CP-2 explica el 19%, donde ambos componentes explican el 92% de la varianza entre la relacion de las variables

estudiadas. Se aprecia que las altas densidades están mayormente relacionadas con la incidencia del manchado de grano (GID), Helminthosporiosis (Bs) y bacteriosis (BB y EE), mientras que los rendimientos de grano (t./ha.), están mayormente relacionados con densidades medias, el vigor (NDVI), la cobertura vegetal (%CC) y la dosis de 100 kg. N. en ambas variedades, corroborando lo encontrado en el análisis de varianza. Resultados similares fueron reportados por Acevedo et al (2011), donde al utilizar el análisis multivariado de componentes principales encontraron que los rendimientos y sus componentes, están más asociados a dosis intermedias de nitrógeno (120 kg. N/ha.).

Figura 7

Gráfico Biplot del análisis multivariado de componentes principales



3.10. Análisis económico de presupuesto parcial

Para el análisis de presupuesto parcial se utilizó la metodología empleada por el CIMMYT (1988), donde solo se utilizan los costos variables en cada tratamiento evaluado, donde cabe señalar que los beneficios netos no son lo mismo que las utilidades, porque el presupuesto parcial no incluye los otros costos de producción que no tienen que ver con esta decisión en particular. Se tomaron en cuenta los costos actuales del 2021, que fue el año que se realizó el ensayo en campo, en donde el costo de semilla estaba B/. 1.65 el kg. (B/.75.00 qq.), el costo del kg. de N aplicado en campo fue B/. 1.72 (incluye costo de N, transporte y aplicación) y el valor de venta del arroz Paddy de B/. 0.54 kg. (B/. 24.50 qq). Estos datos junto a los rendimientos de cada variedad se utilizan para calcular los costos variables debido a los tratamientos (Tabla 34).

Tabla 34

Cálculo de beneficios netos utilizando los costos que varían y los rendimientos de grano en cada genotipo

Genotipo	DETALLE	TRATAMIENTO								
		Baja 50	media 50	alta 50	Baja 100	media 100	alta 100	Baja 150	media 150	alta 150
VF 111-07	Rendimiento medio (kg/ha)	3240.00	3640.00	3680.00	4160.00	3590.00	3890.00	4370.00	4610.00	3780.00
	beneficio bruto (\$/ha)	1749.60	1965.60	1987.20	2246.40	1938.60	2100.60	2359.80	2489.40	2041.20
	costo del tratamiento(\$/ha)	135.50	226.25	333.50	221.50	312.25	419.50	307.50	398.25	505.50
	total costos que varían (\$/ha)	135.50	226.25	333.50	221.50	312.25	419.50	307.50	398.25	505.50
	beneficio neto (\$/ha)	1614.10	1739.35	1653.70	2024.90	1626.35	1681.10	2052.30	2091.15	1535.70
IFL 069-18	Rendimiento medio (kg/ha)	4080.00	4200.00	4340.00	4950.00	4750.00	4550.00	4890.00	4460.00	4360.00
	beneficio bruto (\$/ha)	2203.20	2268.00	2343.60	2673.00	2565.00	2457.00	2640.60	2408.40	2354.40
	costo del tratamiento(\$/ha)	135.50	226.25	333.50	221.50	312.25	419.50	307.50	398.25	505.50
	total costos que varían (\$/ha)	135.50	226.25	333.50	221.50	312.25	419.50	307.50	398.25	505.50
	beneficio neto (\$/ha)	2067.70	2041.75	2010.10	2451.50	2252.75	2037.50	2333.10	2010.15	1848.90

En el gráfico de curva de beneficios netos para el genotipo VF 111-07 (Figura 8), se puede observar que los mejores beneficios netos se obtienen utilizando la densidad de siembra baja y las dosis de 100 y 150 kg. nitrógeno por hectárea, además de la densidad de siembra media y dosis de 150 kg. de nitrógeno por hectárea, donde los demás tratamientos se encuentran dominados.

Para la variedad Idiap FL 069-18, la curva de beneficios netos (Gráfica 9), muestra que los tratamientos con mejor beneficio neto son los que utilizan densidad de siembra baja con las dosis de nitrógeno de 100 y 150 kg. por hectárea.

Figura 8

Curva de beneficios netos del análisis económico parcial para el genotipo de arroz VF 111-07

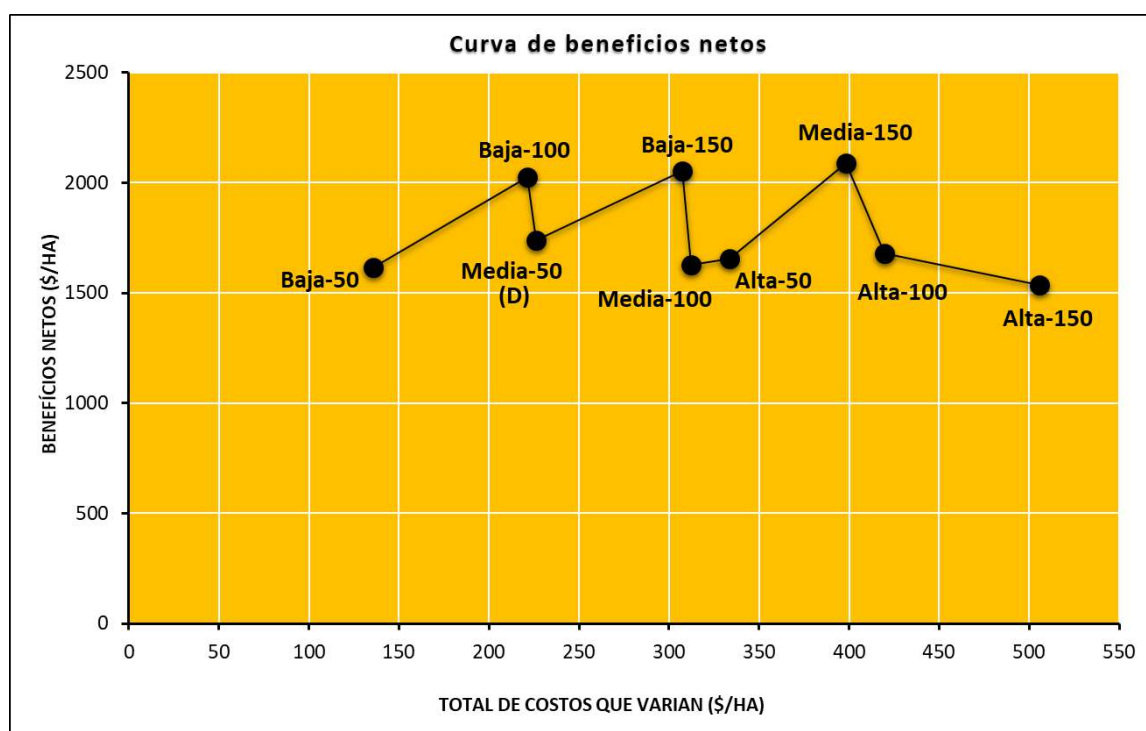
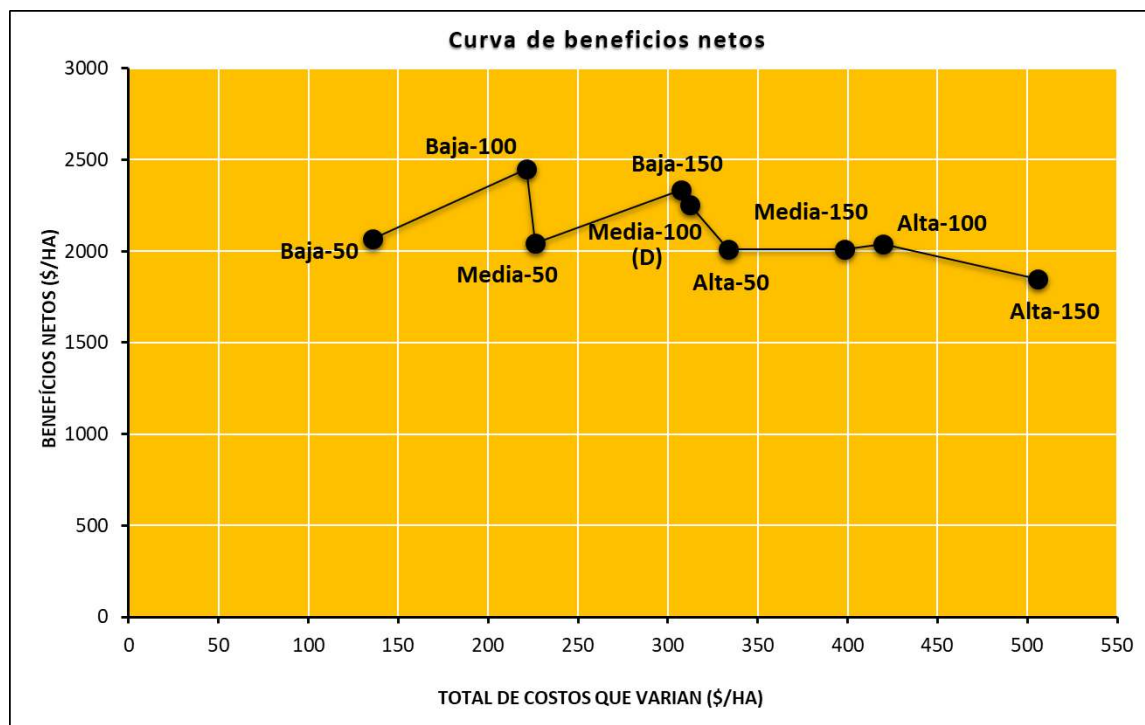


Figura 9

Curva de beneficios netos del análisis económico parcial para el genotipo de arroz

Idiap FL 069-18



CONCLUSIONES

- Las altas densidades de siembra están más asociadas a incidencia de enfermedades en el cultivo de arroz.
- El aumento en los niveles de nitrógeno no garantiza un aumento en los rendimientos del cultivo.
- Los genotipos de arroz responden de manera distinta a las densidades de siembra y nivel de nitrógeno aplicado.
- Cuando se utilizan bajas densidades de siembra, el efecto en los rendimientos es más notable al cambiar las dosis de nitrógeno aplicado, que cuando se utilizan densidades medias o altas.

RECOMENDACIONES

- Tomando en cuenta la respuesta agronómica y el análisis económico de presupuesto parcial, se recomienda la utilización de bajas a medias densidades de siembra y niveles de 100 a 150 kg. N por hectárea para el genotipo VF 111-07.
- Para la variedad Idiap FL 069-18 se recomienda utilizar baja densidad de siembra y niveles de 100 a 150 kg. N por hectárea.
- Someter a este tipo de estudio a variedades de recién liberación para determinar la dosis de nitrógeno y población optima.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, M., Salazar, M., Castrillo, W., Torres, O. Reyes, E., Navas, M., Alvarez, R., Moreno, O. y Torres, E. (2011). Efectos de la densidad de siembra y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de granos de arroz del cultivar centauro en Venezuela. *Agronomía Trop*, 61(1),15-26.
- Aguirre, L. F., y L. Posser. (2017). Evaluación de la fertilización nitrogenada a primordio en el cultivo de arroz y el uso del ndvi como herramienta para su ajuste. Tesis de grado. Universidad De La República.
- Alfonzo, N., España, M., López, M., Cabrera, E., y Abreu, P. (2016). Eficiencia de uso del nitrógeno en arroz de secano en un suelo ácido del occidente del estado Guárico. *Agronomía Trop*, 61(3-4),215-220.
- Araica, E. (2013). Respuesta Del Arroz (Oryza Sativa. L) Cultivar C-7 Stec A Tres Densidades De Siembra, Cuatro Niveles De Nitrógeno Y Dos Niveles De Potasio En La Vega, San Carlos.
- Arias-Badilla, J., Esquivel-Segura, E., y Campos-Rodríguez, R. (2020). Evaluación de la densidad de siembra y nivel de fertilización en arroz, para las variedades Palmar-18, Lazzaroz FL y NayuribeB FL, en Parrita (Pacífico Central), Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 33(3),13-2.
- Barahona-Amores, L., Gordón-Mendoza, R., Samaniego-Sánchez, R. y G. Castillo-Vega. (2018). Índice hídrico en arroz bajo condiciones de estrés hídrico y altas temperaturas. *Ciencia Agropecuaria*, Núm. 29, 112-127.

- Barrera, J., Cruz, M., y Melgarejo, L. (2010). Nutrición mineral Experimentos en fisiología vegetal Universidad Nacional de Colombia Bogota Colombia 79-106 pp.
- Batista, L. (2013). Percepción sobre la disponibilidad y acceso al arroz en la comunidad de Sabanagrande, Provincia de Los Santos. UDELAS. 20.p.
- Benacchio, S., Avilán, W. (1991). Zonificación agroecológica del cultivo de arroz en Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela, publicaciones FONAIAP. Maracay. 15 p.
- Benavides, A., Jara, E. (2014). Comparación de tres sistemas de riego para la producción de arroz con tres densidades de siembra en Zamorano.
- Camargo, I. (2012). Compendio de variedades mejoradas de arroz del IDIAP: Un aporte al desarrollo del sector arrocero panameño. Instituto De Innovación Agropecuaria De Panamá.
- Camargo, I., Quirós, E., Zachrisson, B., y González, F. (2006). Guía técnica para el manejo integrado del complejo Ácaro-Hongo-Bacteria, en el cultivo del arroz. Panamá, IDIAP. 38.
- Camargo, I., Quirós Mc, E., y Zachrisson, B. (2014). Innovación tecnológica para el manejo integrado del cultivo de arroz en Panamá. Instituto De Investigación Agropecuaria de Panamá. Panamá. 141 p.
- Campos, E. (2008). Comportamiento agronómico de cuatro cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego en Tingo María. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 99 p.

- Campoverde, J. (2016). Principales Enfermedades Que Afectan el Cultivo de Arroz.
- CANNA. (2019). Nitrógeno guía deficiencia. Disponible en http://www.canna.es/info-courier_nitrogen.
- Carreño, M. (2014). Los fertilizantes nitrogenados y su aplicación. Disponible en <https://www.infotopo.com/exteriores/jardin/los-fertilizantes-nitrogenados-y-su-aplicacion>.
- Carreras, R. (2004). La fertilización del arrozal. *Agrícola Vergel* No. 267: 122-127.
- Castillo, G., y L. B. Silva. (2020). Eficiencia de uso y respuesta en rendimiento a diferentes dosis de N del cultivar de arroz parao sobre distintos antecesores invernales. Tesis grado. Universidad De La República.
- Castillo, M. (2016). Estudio de tres distanciamientos de siembra y tres niveles de nitrógeno en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), variedad Tinajones en el valle de San Lorenzo.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1983). Sistema de Evaluación Estándar para Arroz. Cooperación IRRI-CIAT. Segunda edición, Colombia. 61 p.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., 86 p.
- Chen, E. (2018). Determinación Del Efecto Del Déficit Hídrico Y Temperatura Ambiental Sobre El Cultivo De Arroz, En Los Llanos De Coclé (p.14).

- Cruz-Triana, A., Rivero-González, D., y Tania-Rodríguez, A. (2023). Efecto de densidades de siembra sobre enfermedades y el rendimiento de *Oryza sativa* L. *Cultivos Tropicales*, 44(3), <https://cu-id.com/2050/v44n3e09>.
- De Datta, S. (1986). *Producción de Arroz. Fundamentos y Prácticas*. Editorial Limusa. México DF, México. 690 p.
- Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria DICTA. (2003). *Manual Técnico para el Cultivo de Arroz*.
- Dirección Nacional de Agricultura del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, 2022). *Provincias productoras de arroz*.
- Dobermann, A., y T. Fairhurst. (2005). *Manejo del nitrógeno en arroz. Informaciones agronómicas*. N°58.
- Dobermann, A; Fairhurst, T. 2000. *Rice: Nutrient disorders & nutrient management*. Potash and Phosphate Institute and International Rice Research Institute.
- Escobar, S. (2013). *Comportamiento agronómico y de calidad de grano de cuatro variedades Tradicionales de arroz (*Oryza sativa* L.), a bajas dosis de nitrógeno en la zona de Boliche provincia del Guayas*.
- Esparza A, Mario A. (2019). *Tolerancia de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), al complejo del manchado de grano en la época lluviosa en la zona de Babahoyo*. Tesis de grado. Universidad Técnica De Babahoyo. 54 p.
- FLAR (Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego, IT). (2010). *Burkholderia glumae* (en línea). Cali, Colombia. Consultado 7 febrero de 2012. Disponible en:

<http://www.flar.org/index.php/es/noticias/131-republica-dominicana-patologo-colombiano-sugiere-medidas-para-manejo-de-bacteria-en-arroz>.

García, E. (2010). Rendimiento de arroz (*Oryza sativa* L.) cv. Capirona con diferente número de plantas por golpe en tres edades de trasplante, bajo riego en Tingo María.

García, M. (2019). Rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) cv. la esperanza – INIA 509, con tres distanciamientos y diferente número de plantas por golpe, bajo riego en Tocache - San Martín. Perú.

Gastiozoro, J. (2008). Influencia del clima sobre las plantas. Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ciencias Agrarias. Consultado 9 ene. 2009. Disponible en <http://www.redagria.com.ar>.

Gavilán, S. (2020). efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada en dos variedades de arroz (*Oryza sativa* L.), bajo riego en la zona de Jaén, Cajamarca.

González, A., y Palacios, J., (2022). Evaluación de cuatros niveles de nitrógeno y tres dosis de siembra en arroz (*Oryza sativa* L.) var. Nutre Zinc en el Valle de Sébaco. Managua, Nicaragua.

González, F. (2004). Reporte del ácaro de la vaina del arroz (*Steneotarsonemus spinki* Smiley) en Panamá. Informe técnico. Panamá, IDIAP.

González, L. J., y K. B. Brenes (2021). Evaluación de tres niveles de nitrógeno en tres densidades de siembra para el genotipo de arroz (*Oryza sativa*) Milyang en el Valle de Sébaco-Matagalpa, durante el primer semestre 2021. Tesis de grado. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.

- Gutiérrez, R. (2011). Evaluación De Cinco Niveles De Nitrógeno En Tres Densidades De Siembra, Sobre El Comportamiento Agronómico, Productivo E Industrial Del Cultivo De Arroz (*Oryza Sativa*, L) Material Promisorio “LP-5”.
- Gutiérrez, Víctor. (2011). Evaluación de cinco niveles de nitrógeno en tres densidades de siembra, sobre el comportamiento agronómico e industrial del cultivo de arroz (*Oryza sativa*, l) material promisorio “LP-5”. Tesis de grado, Tecnológico de Costa Rica. 107 p.
- Gutiérrez-Soto, M. V., Cadet-Piedra, E., Rodríguez-Montero, W., y Araya-Alfaro, J. M. (2011). GreenSeeker™ y el diagnóstico de la salud de los cultivos. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 397–403. <https://doi.org/10.15517/am.v22i2.11799>.
- Herrera, R., de Von Chong, M., González, F., Camargo, V., Yau, J., y Artola, A. (2021). Capacidad fitopatológica de *Burkholderia glumae* en siete variedades de arroz comerciales de Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (33), 1-14.
- Hinostroza, M. (2021). Densidad De Siembra Para Optimizar Rendimientos En Mutantes De Arroz (*Oryza Sativa* L.) En Condiciones Del Valle Jequetepeque, La Libertad”.
- Jaramillo, S., Pulver, E., Duque, M. 2017. Efecto del Manejo de la Fertilización Nitrogenada en Arroz de Riego, sobre la Expresión del Potencial de Rendimiento de Líneas Elite y Cultivares Comerciales. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2011000100002&script=sci_arttext.

- Jiménez, O., R. Silva y J. Cruz. (2009). Efecto de densidades de siembra sobre el rendimiento de arroz (*Oryza sativa* L.) en el municipio Santa Rosalía, Estado Portuguesa, Venezuela. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 27:32-41.
- Kovacik, J., Klejdus, B., Backor, M., y Repcak, M. (2007). Phenylalanine ammonia lyase activity and phenolic compounds accumulation in nitrogen deficient *Matricaria chamomilla* leafrosettes Plant Science Oxford United Kingdom N° 172 393-399pp.
- Kumar, V., y Ladha, J. (2011). Direct seeding of rice: Recent developments and future research needs. En Donald L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (p.297-413). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387689-8.00001-1>.
- León, H. C. (2018). Control biológico de *Burkholderia glumae* en el cultivo de arroz variedad INIA 509 La Esperanza E.E.A – INIA, San Martín. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Martín.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica: Arroz. MAG. San José, Costa Rica. 560 p.
- Martínez Bautista, A., Osorio Hernández, E., y Patishtan, J. (2022) Incremento de la patogenicidad de hongos en arroz bajo condiciones de desbalance nutricional. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4) 2006-2019.DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2726.
- Maylle, G. (2021). efecto de tres variedades de arroz (*oryza sativa* l.) en dos métodos de siembra bajo riego en Tingo María. Perú.

- Melo, M. A. (2019). “calibración de modelo agrometeorológico AquaCrop para evaluar el rendimiento del arroz bajo riego inundado con alternancia de humedecimiento y secado. Tesis maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Meneses, R., Gutiérrez, A., García, A., Antigua, G., Gómez, J., Correa, F., Calvert, L., y Hernández, J. (2008). Guía para el Trabajo de Campo en el Manejo Integrado de Plagas del Arroz. 5ta ed. Rev. II Arroz. Sancti Spiritus, Cuba. 64p.
- Muñoz L., J. A. (2023). Estudio de dos distanciamientos de siembra y cuatro niveles de nitrógeno en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad SFL-11. Tesis de grado. Universidad Agraria Del Ecuador.
- Muraoka, T., Ambrosano, E. J., Zapata, F., Bortoletto, N., Martins, A. L. M., Trivelin, P. C. O., Boaretto, A. E., Scivittaro, W. (2013) Eficiencia de abonos verdes (crotalaria y mucuna) y urea, aplicados solos o juntamente, como fuentes de n para el cultivo de arroz Terra Latinoamericana, vol. 20, núm. 1.
- Ortiz, M. (2019). Rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad INIA 509 La Esperanza, con tres distanciamientos y diferente número de plantas por golpe, bajo riego en Tocache – San Martín. Perú.
- Pérez, C., y E. Saavedra. (2011). Manejo integrado de la bacteria *Burkholderia glumae* en el cultivo de arroz en el Caribe Húmedo. Rev. Venta al campo.
- Pérez, N., Díaz, G., Rodríguez, L., y T. Hernández. (2023). Evaluación de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) de Vietnam, para su introducción en Cuba. Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. XXV No. 1. <http://DOI:10.15446/rev.colomb.biote.v25n1.107284>.

- Pérez, R. (2015). Influencia de los abonos sintéticos y orgánicos en la producción de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad "Conquista" bajo riego en Tingo María.
- Pincirolì, M., M. N. Sisterna, R. Bezus y A. A. Vidal. (2004). Manchado del grano de arroz: efecto de la fertilización nitrogenada. *Rev. Fac. Agron.* 105(2), 88-96. Documento_completo__.pdf (unlp.edu.ar).
- Porras, E. (2013). Respuesta del arroz (*Oryza sativa*. l) cultivar C-7 STEC a tres densidades de siembra, cuatro niveles de nitrógeno y dos niveles de potasio, en siembra de verano en finca La Vega, San Carlos. Tesis de grado. Instituto Tecnológico De Costa Rica.
- Quílez, D., Moreno-García, B., Guillén, M. (2014). Fertilización orgánica y mineral del cultivo de arroz en Aragón. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) Zaragoza.
- Quirós, E. (2005). Etapas de desarrollo y fisiología de la planta de arroz. In Capacitación para la formación de plagueros. Panamá, IDIAP. 8 p.
- Quirós, R., Ramírez, C. (2016). Evaluación de la fertilización nitrogenada en arroz inundado. Universidad de Costa Rica Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 17, núm. 2, pp. 179-188.
- Rivero, D., Cruz, A., Rodríguez, A., Echevarría, A. y B. Martínez. (2012). Hongos asociados al manchado del grano en la variedad de arroz INCA LP-5 (*Oryza sativa* L.) en Cuba. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 32:131-138.
- SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería, HN). (2003). Manual técnico para el

cultivo de arroz.

SAG. (2010). Manual técnico para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Disponible en <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-delarroz.pdf>.

Salazar, L. (2006). Malezas asociadas a los cultivos de Panamá. Guía 1. Imprenta Instinto Graphic, Facultad de Ciencias, Universidad de Panamá. 36 p.

Sánchez, S. (2019). Evaluación agronómica de las variedades de arroz (*Oryza sativa*) SFL - 011 e INIA 512 - Santa Clara en condiciones de riego. Ecuador.

Suzuki L Herrig Y Ferrarese M Rodrigues J Ferrarese Filho O 2003 Simultaneous effects of ferulic and vanillic acids on peroxidase and phenylalanine ammonia-lyase in soybean (*Glycine max*) roots Phyton Buenos Aires Argentina N°43 179 185 pp.

Teixeira, E. (2013). Determinación Del Efecto Del Déficit Hídrico Y Temperatura Ambiental Sobre El Cultivo De Arroz, En Los Llanos De Coclé. Universidad De Panamá. 7.p.

Tordecilla, L., Madrigal, A., Campo, R. y E. Saavedra. (2012). Efecto de la densidad de siembra en el añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani* Kuhn) en arroz riego. Fitopatología Colombiana 36(1).

Urzúa, H. 2015. Beneficios de la Fijación Simbiótica de Nitrógeno en Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*. 32(2).

- Villarreal, J., Name, B., Smyth, J., Quirós, E. (2007). Dosis Óptima para la Fertilización Nitrogenada del Arroz, en la Región Central de Panamá. *Agronomía Mesoamericana* (Costa Rica). 18(1), 115-127.
- Yoshida, S. (1972). Physiological aspects of grain yield. *Ann Rev. Plan Physiol*, 23:437-64. The International Rice Research Institute. Los Baños, Laguna, The Philippines.
- Zachrisson, B. (2010). Bioecología, daños y muestreos de plagas, en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Publicación IDIAP. 36 p.
- Zamora, E. J. y O. G. Díaz. (2022). Evaluación de cuatros niveles de nitrógeno y tres dosis de siembra en arroz (*Oryza sativa* L.) var. Nutre Zinc en el Valle de Sébaco. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria.

ANEXOS

Anexo A: Preparación del terreno

Anexo A1:

Preparación del Terreno



Anexo A2:

Preparación del Terreno.



Anexo B: Siembra

Anexo B1:

Siembra



Anexo B2:

Siembra



Anexo C: Vista panorámica de parcelas del proyecto

Anexo C1:

Vista panorámica de parcelas del proyecto



Anexo C2:

Vista panorámica de parcelas del proyecto.



Anexo D: Inicio de macollamiento

Anexo D1:

Inicio de Macollamiento.



Anexo D2.

Inicio de Macollamiento.



Anexo E: Primordio

Anexo E1:

Primordio



Anexo E2:

Primordio



Anexo F: Floración

Anexo F1.

Floración



Anexo G: Maduración

Anexo G1:

Maduración.



Anexo H: Cosecha

Anexo H1.

Cosecha.



Anexo H2.

Cosecha.

