

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



**EFFECTO DE CUATRO EDADES DE ALMACIGO EN EL RENDIMIENTO DE DOS
VARIETADES DE *Oryza sativa* (ARROZ) EN TINGO MARÍA.**

TESIS

**Para optar el título de
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR
ROLI ANTONY LASTRA RAYO**

**Asesor
CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS**

**Tingo María – Perú
2023**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Km 1.21 carretera Tingo María. Telf. (062) 561136 E.mail: fagro@unas.edu.pe.

"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 030-2023-FA-UNAS

BACHILLER : ROLI ANTONY LASTRA RAYO

TÍTULO : "EFECTO DE CUATRO EDADES DE ALMACIGO EN EL RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE *Oryza sativa* (ARROZ) EN TINGO MARÍA"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS

VOCAL : M.Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA

VOCAL : M.Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS

ASESOR : Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 27/11/2023

HORA DE SUSTENTACIÓN : 09:00 A.M.


LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA AUDIVISUAL DE LA F.A

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 27 DE NOVIEMBRE DE 2023


M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS
PRESIDENTE


M.Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA
VOCAL


M.Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS
VOCAL


Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS
ASESOR



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 327 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DE CUATRO EDADES DE ALMACIGO EN EL RENDIMIENTO DE DOS VARIETADES DE <i>Oryza sativa</i> (ARROZ) EN TINGO MARÍA.	ROLI ANTONY LASTRA RAYO	15 % Quince

Tingo María, 18 de noviembre de 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menachó Mallqui

JEPF

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



**Efecto de cuatro edades de almacigo en el rendimiento de dos variedades de *Oryza sativa*
(Arroz) en Tingo María.**

Autor : Roli Antony Lastra Rayo

Asesor : Ing. Carlos Miguel Miranda Armas

Área de investigación : Especies Agrícolas

Línea de investigación : Propagación y manejo

Eje temático : Producción del cultivo de arroz

Lugar de ejecución : Fundo de la Facultad De Agronomía – UNAS - Tingo
María

Duración del trabajo : 7 meses

Financiamiento : S/ 5 500,00

Tingo María – Perú. Julio, 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

REGISTRO DE PROYECTO DE TESIS

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad : Facultad de Agronomía
Título de tesis : Efecto de cuatro edades de almacigo en el rendimiento de dos variedades de *Oryza sativa* (Arroz) en Tingo María.

Autor : Roli Antony Lastra Rayo
DNI : 48429814
Correo electrónico : roli.lastra@uns.edu.pe
Asesor de tesis : Ing. Carlos Miguel Miranda Armas

Escuela profesional : Agronomía
Área de investigación : Especies Agrícolas
Línea de investigación : Propagación y manejo
Eje temático de investigación : Producción del cultivo de arroz

Lugar de ejecución : Tingo María
Duración del trabajo : 7 meses
 Inicio : Enero del 2020
 Término : Julio del 2020

Financiamiento : S/ 5 500,00
FEDU : No
Propio : Si
Otros : No

Tingo María – Perú. Julio, 2024.

DEDICATORIA

A Dios por guiarme por el buen camino y su amor espiritual que me llenó de fuerzas y sabiduría para terminar mi carrera universitaria.

A mis padres Jubel Lastra Falcon y Cilinzaria Rayo Pablo, por ser el apoyo para cumplir con mis objetivos; que además me protegieron y aconsejaron, inculcándome los valores para forjarme como ciudadano.

A mi hermana Luz Rosali Lastra Rayo, por su apoyo incondicional, y amor fraternal en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María; en especial a los docentes de la Facultad de agronomía por transmitirme sus enseñanzas para mi formación profesional.
- A mi asesor, el Ing. Carlos Miguel Miranda Armas; por su constante apoyo y consejos en la culminación de este trabajo de investigación de tesis.
- Al presidente de jurado: Ing. M.Sc. Fausto Silva Cárdenas; por su apoyo y consejos en la culminación de este trabajo de tesis profesional.
- A los miembros del jurado: Ing. M.Sc. Jorge Luis Adriazola del Aguila, Ing. M.Sc. Jaime Joseph Chavez Matias, por sus sugerencias que mejoraron la presentación del informe de tesis.
- A mis colegas Ing. Jhon T. Ramos Gonzales, Bach. Kevin Reyes Valencia, Bach. Marcebith Ester Villar Gonzales por el apoyo en la recolección de datos para la presente tesis profesional.

INDICE GENERAL

Página

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1.	Generalidades del cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.).....	3
2.1.1.	Origen	3
2.1.2.	Clasificación taxonómica.....	3
2.1.3.	Descripción botánica.....	3
2.1.4.	Morfología y fenología	4
2.1.5.	Ciclo vegetativo	6
2.1.6.	Condiciones edafoclimáticas	6
2.2.	Variedades de arroz	7
2.2.1.	Variedad “Hp102 FL el valor”	7
2.2.2.	Variedad “Fedearroz 60”	8
2.3.	Preparación del terreno	9
2.3.1.	Nivelación de terreno.....	9
2.3.2.	Fanguero.....	9
2.3.3.	Siembra	10
2.3.3.1.	Siembra directa.....	10
2.3.3.2.	Siembra indirecta.....	10
2.3.4.	Manejo de agua	11
2.3.5.	Fertilización del cultivo	11
2.4.	Antecedentes en estudio.	12
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1.	Lugar de ejecución.....	14
3.1.1.	Zona de vida.....	14
3.1.2.	Datos meteorológicos	15
3.2.	Material y métodos	15
3.2.1.	Análisis físico-químico inicial del suelo.....	15
3.2.2.	Componentes en estudio	17
3.2.3.	Tratamientos	17
3.3.	Ejecución del experimento	17

3.3.1.	Almacigo	17
3.3.2.	Campo definitivo	18
3.3.2.1.	Delimitación del campo experimental.....	18
3.3.2.2.	Preparación del terreno.....	18
3.3.2.3.	Trasplante	19
3.3.2.4.	Fertilización.....	19
3.3.2.5.	Control de malezas	20
3.3.2.6.	Cosecha	20
3.4.	Características evaluadas.....	20
3.4.1.	Altura de las plantas.....	20
3.4.2.	Número de macollos por metro cuadrado.....	21
3.4.3.	Número de panojas por metro cuadrado	21
3.4.4.	Longitud de la panoja	21
3.4.5.	Número de granos por panoja.....	21
3.4.6.	Peso de 1000 semillas	22
3.4.7.	Rendimiento estimado	22
3.4.8.	Análisis económico de los tratamientos en estudio	22
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1.	Altura de planta	23
4.2.	Número de macollos por planta/m ²	28
4.3.	Número de panojas por metro cuadrado.....	32
4.4.	Longitud de panoja	35
4.5.	De la cosecha	38
4.5.1.	Número de granos por panoja.....	38
4.5.2.	Peso de 1000 semillas	40
4.6.	Rendimiento de arroz en cáscara	43
4.7.	Análisis económico.....	47
V.	CONCLUSIONES	49
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	50
VII.	REFERENCIAS.....	51
	ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del trabajo experimental.	15
2. Análisis físico-químico del suelo inicial.	16
3. Tratamientos en estudio.	17
4. Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) para altura de plantas de arroz, evaluado a los 120 días desde el trasplante.	25
5. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para altura de plantas de arroz, evaluado a los 120 días después del trasplante (Media \pm error estándar).	26
6. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para número de macollos por planta, evaluado a los 60 días después del trasplante.	30
7. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para número de macollos por planta, evaluado a los 60 días después del trasplante (Media \pm error estándar).	30
8. Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) para número de panojas por metro cuadrado, evaluado a los 90 días después del trasplante.	33
9. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para número de panojas por metro cuadrado, evaluado a los 90 días después del trasplante (Media \pm error estándar).	34
10. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para longitud de panojas, evaluado a los 90 días después del trasplante.	36
11. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para longitud de panojas, evaluado a los 90 días después del trasplante (Media \pm error estándar).	36
12. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para número de granos por panoja, evaluados a los 150 días después del trasplante.	38
13. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para número de granos por panoja, evaluado a los 150 días después del trasplante (Media \pm error estándar).	39
14. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para peso de 1000 semillas, realizado después de la cosecha.	41
15. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para peso de 1000 semillas, realizado después de la cosecha (Media \pm error estándar).	41
16. Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) para rendimiento del cultivo de arroz.	44
17. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para rendimiento del cultivo de arroz (Media \pm error estándar).	45
18. Análisis de beneficio y costo de los tratamientos en estudio.	48
19. Evaluaciones de altura de plantas (cm) de las variedades de arroz.	58

20.	Evaluaciones de número de macollos/m ² de las variedades de arroz.....	59
21.	Evaluaciones de número y longitud de panojas/m ² , número de semillas/panoja, peso de 1000 semillas y rendimiento de las variedades de arroz	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ciclo fenológico del arroz.....	5
2. Ubicación del campo experimental.	14
3. Evaluación del crecimiento del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” trasplantado a los 15, 20, 25 y 30 días después de la germinación.	23
4. Relación de las variables días de trasplante (X) y altura de plantas del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” evaluado hasta los 120 días.	25
5. Líneas de tendencia de altura de plantas de arroz trasplantado en diferentes días de siembra.....	27
6. Ecuación polinómica de la dispersión de número de macollos del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” evaluado a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante.....	29
7. Líneas de tendencia del número de macollos del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” trasplantado a los 15, 20, 25 y 30 días después de la germinación. .	31
8. Línea de dispersión del número de panojas del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” trasplantado a los 15, 20, 25 y 30 días después de la germinación. .	34
9. Línea de tendencia de la longitud de panojas del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” trasplantado a los 15, 20, 25 y 30 días después de la germinación. .	37
10. Líneas de tendencia del número de granos por panoja del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” trasplantado a los 15, 20, 25 y 30 días después de la germinación.	40
11. Línea de tendencia del peso de 1000 semillas del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” trasplantado a los 15, 20, 25 y 30 días después de la germinación. .	42
12. Línea de tendencia del rendimiento del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” trasplantado a los 15, 20, 25 y 30 días después de la germinación.	46
13. Croquis del campo experimental.....	57
14. Croquis de la unidad experimental.....	57
15. Instalación del campo experimental.....	61
16. Control de plagas y enfermedades.....	61
17. Campo experimental	62
18. Evaluación de macollos	62
19. Granos lechosos (75 días después de la siembra).....	63
20. Evaluación del número de panojas.....	63
21. Maduración del cultivo de arroz (120 días después de la siembra).	64
22. Evaluación de la longitud de panoja del cultivo de arroz.	64
23. Análisis físico-químico inicial del suelo.	65

RESUMEN

Este estudio se llevó a cabo en el Fundo Agrícola 1 de la Facultad de Agronomía (FA) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) en Tingo María, Huánuco, durante el periodo comprendido entre enero y junio de 2020, el propósito principal fue determinar la edad óptima del almácigo y la variedad de arroz más adecuada para maximizar el rendimiento, los trasplantes se llevaron en cuatro intervalos de tiempo después de la siembra del almácigo (15, 20, 25 y 30 días), se utilizó las variedades “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60”. Los resultados resaltaron que la variedad “Hp102 FL el valor” trasplantada a los 15 días obtuvo la mayor altura, número de macollos, número de panojas y longitud de panoja, además, la variedad “Fedearroz 60” logró una altura considerable y una alta densidad de panojas/m². El rendimiento también fue mayor a los 15 días de trasplante con 8,75 t/ha y la variedad “Hp102 FL el valor” alcanzó 8,45 t/ha. En cuanto a la rentabilidad, la variedad “Hp102 FL el valor” trasplantada a los 15 días mostró un ingreso bruto, utilidad, índice de rentabilidad y relación beneficio-costos más altos en comparación con “Fedearroz 60”, estos hallazgos sugieren que la inversión en la variedad “Hp102 FL el valor”, trasplantada a los 15 días, generó un retorno de inversión S/ 1,49 superior en comparación con la variedad “Fedearroz 60”, que logró S/ 1,40.

Palabras claves: parámetros biométricos de arroz, variedades de arroz, rentabilidad del arroz

ABSTRACT

This study was conducted at Agricultural Farm 1 of the Faculty of Agronomy (FA) at the National Agrarian University of the Jungle (UNAS) in Tingo María, Huánuco, during the period from January to June 2020. The main purpose was to determine the optimal age of seedlings and the most suitable rice variety to maximize yield. Transplants were carried out at four time intervals after seedling sowing (15, 20, 25, and 30 days), using the varieties "Hp102 FL el valor" and "Fedearroz 60." The results highlighted that the "Hp102 FL el valor" variety transplanted at 15 days showed the highest height, number of tillers, number of panicles, and panicle length. Additionally, the "Fedearroz 60" variety achieved significant height and a high panicle density per square meter when transplanted at 15 days. Yield was also higher at the 15-day transplant with 8.75 t/ha for the "Hp102 FL el valor" variety and 8.45 t/ha for the "Fedearroz 60" variety. Regarding profitability, the "Hp102 FL el valor" variety transplanted at 15 days demonstrated higher gross income, profit, profitability index, and benefit-cost ratio compared to "Fedearroz 60." These findings suggest that the investment in the "Hp102 FL el valor" variety, transplanted at 15 days, resulted in a return on investment of S/ 1.49 higher compared to the "Fedearroz 60" variety, which achieved S/ 1.40

Keywords: Rice Biometric Parameters, rice varieties, rice profitability

I. INTRODUCCIÓN

La producción de arroz, un cultivo fundamental para la seguridad alimentaria global, se enfrenta a desafíos significativos en términos de optimización de prácticas agrícolas para mejorar los rendimientos, la finalidad es investigar el impacto de cuatro edades de almácigo en el rendimiento de dos variedades de *Oryza sativa* (arroz), la selección de la edad óptima del almácigo es un factor crucial para el desarrollo saludable de las plantas y, por ende, para el rendimiento final del cultivo, el conocimiento preciso de la relación entre la edad del almácigo y el rendimiento puede ofrecer valiosas perspectivas para mejorar las prácticas agrícolas y, así, contribuir a la eficiencia productiva en el cultivo del arroz.

El arroz es crucial en Perú y a nivel global, con un consumo anual per cápita de 63,5 kg en el país, la producción nacional alcanza 3 043,776 t en 395 030 ha, con un rendimiento promedio de 7,7 t/ha (Ministerio de Agricultura [MINAG], 2013; Pinazo, 2017), la agricultura del arroz desempeña un papel vital en la seguridad alimentaria y empleo, especialmente en la Costa Norte, Costa Sur y selva alta, la necesidad de mejorar la producción y eficiencia del cultivo, considerando la creciente demanda y la conservación del agua ante el cambio climático, impulsa la selección y evaluación de nuevas variedades de arroz, además de su importancia alimentaria, el arroz contribuye significativamente al Producto Bruto Interno (PBI) del sector agropecuario en Perú, generando empleo en áreas rurales y en la industria molinera.

El principal problema abordado en este estudio es la falta de información detallada sobre cómo diferentes edades de almácigo afectan el rendimiento de dos variedades específicas de *Oryza sativa* en la región de Tingo María, la determinación de la edad óptima del almácigo es esencial para maximizar la productividad del arroz, pero la carencia de estudios específicos en este contexto geográfico y con estas variedades particulares constituye una brecha de conocimiento, por lo tanto, este estudio busca de manera sistemática el efecto de cuatro edades de almácigo en el rendimiento de las variedades “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60”, proporcionando así información valiosa para los agricultores y contribuyendo al desarrollo sostenible de la producción de arroz en Tingo María. se plantea la hipótesis de que la edad del almácigo afecta el rendimiento/ha y se investiga la mejor edad para el trasplante al campo definitivo.

Objetivo general:

Determinar el efecto de cuatro edades del almácigo en el rendimiento de dos variedades de arroz

Objetivos específicos:

1. Evaluar parámetros biométricos (altura de plantas, número de macollos/m², número de panojas/m² y longitud de panojas) por efecto de cuatro edades de trasplante después de la siembra.
2. Evaluar número de granos/panoja y peso de 1000 semillas de arroz por efecto de cuatro edades de trasplante después de la siembra
3. Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)

2.1.1. Origen

El género *Oryza* tiene sus raíces en el antiguo continente Gondwanalandia, que en un principio estaba unificado antes de dividirse en los cinco continentes que conocemos hoy en día, la especie ancestral de *Oryza sativa*, posiblemente, sea *Oryza nivara* (también conocida como *Asia perennis*), la cual se encuentra en el sur y sureste de Asia, es importante destacar que Asia, América, África y Oceanía *perennis* se originaron a partir de un ancestro común en el antiguo continente Gondwanalandia y que, al dividirse en los cinco continentes, dieron lugar a diferentes especies a través de diversos procesos evolutivos (Acevedo et al., 2006). El arroz es una planta que presenta una alta diversidad genética, con numerosas especies y millas de variedades que han surgido tanto por procesos naturales de evolución como por cruces artificiales realizadas por los seres humanos (Degiovanni et al., 2010). Hoy en día, la producción a gran escala de arroz se concentra principalmente en dos especies: *Oryza sativa* L. y *Oryza glaberrima* Steud. El cultivo de arroz, particularmente la variedad *Oryza sativa* L., se originó en varias zonas húmedas de Asia tropical y subtropical hace aproximadamente 10.000 años. Este cultivo es de vital importancia para más del 50 % de la población mundial y nivel global, ocupa el segundo lugar en términos de extensión de terreno cultivado, proporcionando una mayor cantidad de calorías por hectárea en comparación con otros cereales (Acevedo et al., 2006).

2.1.2. Clasificación taxonómica

El arroz pertenece a fanerógamas según cita de Acevedo et al (2006)

- Tipo : Espermatofitas
- Subtipo : Angiospermas
- Clase : Monocotiledóneas
- Orden : Glumifloras,
- Familia : Gramíneas
- Subfamilia : Panicoideas
- Tribu : Oryzae
- Subtribu : Oryzíneas
- Género : *Oryza*
- Nombre científico : *Oryza sativa* L.

2.1.3. Descripción botánica

A lo largo del ciclo de desarrollo de la planta de arroz, es posible distinguir

dos categorías de raíces: las raíces seminales o temporales, y las raíces secundarias, adventicias o permanentes. Las raíces seminales, que presentan una ramificación limitada, tienen una vida corta después de la siembra y eventualmente son reemplazadas por las raíces adventicias o secundarias. Estos últimos emergen de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes. En las fases iniciales de crecimiento, las raíces son de color blanco, poco ramificadas y relativamente gruesas. A medida que la planta se desarrolla, estas raíces experimentan un alargamiento, se vuelven más delgadas y flexibles, y muestran una mayor ramificación. El tallo de la planta de arroz se forma a través de la alternancia de nudos y entrenudos. Su superficie externa no presenta vellosidad, y su brillo y color pueden variar según la variedad. La longitud de los entrenudos varía, siendo mayor en la parte superior del tallo. Los entrenudos en la base del tallo son cortos y adquieren una rigidez creciente, formando eventualmente una estructura sólida. En lo que respecta a las hojas, estas se disponen en una secuencia alterna a lo largo del tallo, emergiendo en cada nudo donde se desarrolla. La hoja superior que se encuentra justo debajo de la panícula se conoce como la "hoja bandera". Las flores del arroz se reúnen en una formación denominada panícula, y su categorización puede basarse en tres tipos: panícula abierta, compacta o intermedia, dependiendo del ángulo de las ramificaciones con relación al eje central de la panícula. El peso y la cantidad de espiguillas por panícula varían en función de la variedad. En última instancia, la semilla del arroz se caracteriza como un ovario maduro, seco e indehisciente, compuesto por una cubierta que se compone del lema y la palea, además de sus elementos asociados como los lemas estériles, la raquilla y la arista. El embrión se sitúa en la parte ventral de la semilla, cerca del lema, mientras que el endospermo proporciona nutrientes al embrión durante el proceso de germinación (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 2005).

2.1.4. Morfología y fenología

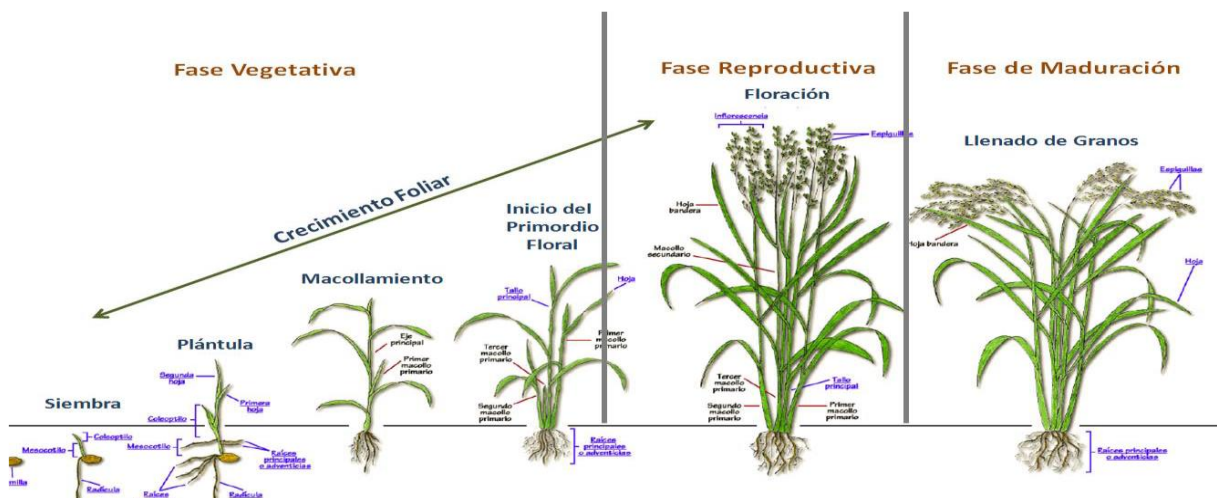
Se cultiva como una planta anual en condiciones semi-acuáticas. No obstante, en áreas tropicales, el arroz tiene la capacidad de persistir como planta perenne, lo que posibilita un renacimiento tras la cosecha, pudiendo utilizarse para una segunda recolección o como alimento para el ganado. Las plantas de arroz, cuando alcanzan la madurez, se componen de un tallo principal y varios macollos, cuya cantidad varía dependiendo de la densidad de siembra. La densidad de macollos que producen flores influye en el rendimiento del cultivo, y se considera óptima una densidad de alrededor de 250 plantas por metro cuadrado. La altura de las plantas de arroz oscila entre 0.4 y 1 metro, dependiendo de la variedad y las condiciones de crecimiento (Olmos, 2006).

El potencial de rendimiento del arroz se establece principalmente antes de

que aparezca la panoja en el cultivo. El rendimiento final, que se basa en la cantidad de almidón que llena los granos en la panoja, se determina en su mayoría después de que la panoja comienza a formarse. Por esta razón, la historia del cultivo se divide en términos agronómicos en tres fases: la fase vegetativa, la fase reproductiva y la fase de madurez. En el caso de una variedad de arroz de 120 días, aproximadamente 55-60 días se destinan a la fase vegetativa, 30 días a la fase reproductiva y otros 30 días a la fase de madurez (Vásquez, 2004).

El ciclo de crecimiento de la planta de arroz se desglosa en tres fases fundamentales (Olmos, 2006):

1. **Fase Vegetativa:** En esta etapa, se observa un crecimiento vigoroso de los macollos, un aumento gradual en la altura de las plantas y un desarrollo regular de las hojas. Los macollos que no logran desarrollar una panoja se denominan macollos infértiles.
2. **Fase Reproductiva:** Durante esta fase, se produce una disminución en el número de macollos, aparece la hoja bandera, el tallo se ensancha debido al crecimiento interno de la panoja, y se inicia la emergencia de la panoja y la floración (anthesis). La meiosis se estima que ocurre cuando las lígulas de la hoja bandera y la hoja inmediatamente inferior están al mismo nivel o en posición cero. La anthesis ocurre generalmente aproximadamente un día después de que el 50% de las panojas ha emergido de la vaina.
3. **Fase de Madurez:** Durante esta etapa, que varía en duración de 15 a 40 días según la temperatura, los granos de arroz comienzan a madurar. Este proceso se inicia una vez que el ovario ha sido fertilizado y el grano se desarrolla. Durante este período, el grano aumenta de tamaño y peso, y los almidones y azúcares se desplazan desde las vainas, la hoja bandera y los tallos, donde se acumularon durante la fase vegetativa.



Fuente: Olmos, 2006

Figura 1. Ciclo fenológico del arroz

El crecimiento y desarrollo de las plantas de arroz se ven influenciados por varios factores, que incluyen aspectos agronómicos y condiciones ambientales. Entre los más notables se encuentran la temperatura y la duración de la exposición a la radiación solar durante el día (Garcés y Medina, 2018).

2.1.5. Ciclo vegetativo

El ciclo biológico del arroz, que comprende los días desde la siembra hasta la cosecha, presenta una variación considerable, que va desde los 95 días en el caso de las variedades muy tempranas hasta casi 250 días en las variedades muy tardías. Las variedades de maduración intermedia generalmente pueden ser cosechadas entre 120 y 150 días después de la siembra. La señal para determinar la madurez de los granos radica en su cambio de color hacia un tono amarillo y su adquisición de una consistencia más dura. Es de suma importancia realizar la cosecha del arroz en el momento adecuado para maximizar tanto la calidad del grano como los rendimientos. Cosechar prematuramente puede resultar en granos inmaduros que tienen un bajo rendimiento en el proceso de molienda y son propensos a dañarse fácilmente. Por otro lado, una cosecha tardía puede ocasionar que los granos se desprendan de la panícula y provoquen pérdidas significativas. Como norma general, la cosecha se inicia cuando alrededor del 80-85 % de los granos han madurado y adquieren un color amarillo dorado. La recolección puede llevarse a cabo de manera manual, con trabajadores que utilizan cuchillos afilados para cortar las plantas de arroz de los campos, seguido de un proceso de limpieza y separación de los granos dañados. También es posible optar por la cosecha mecánica, que involucra máquinas que realizan todas las etapas, desde el corte hasta la limpieza, en una sola operación (Moreira, 2017). La recolección puede llevarse a cabo de manera manual, con trabajadores que utilizan cuchillos afilados para cortar las plantas de arroz de los campos, seguido de un proceso de limpieza y separación de los granos dañados. También es posible optar por la cosecha mecánica, que involucra máquinas que realizan todas las etapas, desde el corte hasta la limpieza, en una sola operación (Moreira, 2017). La recolección puede llevarse a cabo de manera manual, con trabajadores que utilizan cuchillos afilados para cortar las plantas de arroz de los campos, seguido de un proceso de limpieza y separación de los granos dañados. También es posible optar por la cosecha mecánica, que involucra máquinas que realizan todas las etapas, desde el corte hasta la limpieza, en una sola operación (Moreira, 2017).

2.1.6. Condiciones edafoclimáticas

- **Suelo.** El cultivo de arroz puede adaptarse a una amplia gama de tipos de suelos, desde arenosos hasta pesados, aunque se prefieren suelos franco arcillosos. La textura del suelo juega un papel fundamental, ya que los suelos de textura fina y media, típicos de

llanuras inundadas y deltas fluviales, son los más comunes para el cultivo de arroz debido a su mayor contenido de arcilla y materia orgánica, lo que los hace más fértiles y ricos en nutrientes. La gestión del riego y la fertilización se ven influenciadas por la textura del suelo. El pH del suelo tiende a ajustarse hacia la neutralidad después de la inundación, con un valor óptimo de pH de 6,6 para el cultivo de arroz (Blanco, 2003; Caicedo, 2008; InfoAgro, 2021).

- **Temperatura.** El arroz es un cultivo común en regiones tropicales y subtropicales con climas húmedos, y su desarrollo óptimo está estrechamente vinculado a las condiciones de temperatura. La temperatura ideal para el arroz oscila entre 32 a 34 °C como mínimo y 40 a 42 °C como máximo, desempeñando un papel esencial en su crecimiento y conectándose con otros factores como el agua y los nutrientes. A pesar de que generalmente se le considera una planta anual que prospera en entornos semicuáticos, en climas tropicales el arroz puede sobrevivir como una planta perenne, rebrotando después de la cosecha. Esta capacidad de rebrote puede utilizarse para realizar una segunda cosecha o como forraje para el ganado. Sin embargo, las temperaturas extremadamente altas o bajas pueden provocar problemas de esterilidad en el arroz, reduciendo su rendimiento al disminuir la cantidad de granos disponibles para llenar. Para la germinación del arroz, se requieren temperaturas de al menos 10 a 13 °C, siendo óptimas entre 30 y 35 °C. Temperaturas por encima de 40 °C pueden resultar perjudiciales para el cultivo. El crecimiento de las partes de la planta, como tallos, hojas y raíces, depende de una temperatura mínima de 7 °C, siendo óptima alrededor de 23 °C. A temperaturas más elevadas, el crecimiento se acelera, aunque los tejidos se vuelven más blandos. Depende de una temperatura mínima de 7 °C, siendo óptima alrededor de 23 °C. A temperaturas más elevadas, el crecimiento se acelera, aunque los tejidos se vuelven más blandos. Depende de una temperatura mínima de 7 °C, siendo óptima alrededor de 23 °C. A temperaturas más elevadas, el crecimiento se acelera, aunque los tejidos se vuelven más blandos (Olmos, 2006; Caicedo, 2008; Sanjinez, 2019).

2.2. Variedades de arroz

2.2.1. Variedad “Hp102 FL el valor”

Se trata de una nueva variedad de semilla de arroz que está disponible en el mercado nacional para que los agricultores la utilicen en sus siembras. Este cultivo, del cual el país es actualmente la cuarta potencia mundial, cuenta con una variedad que se destaca por su alto rendimiento y su capacidad para resistir diversas enfermedades y virus que pueden afectar durante el cultivo. La planta tiene una altura que oscila entre 99 y 113 cm, y ha sido bien recibida por los productores de arroz en las regiones de Lambayeque, Jaén y Alto Mayo

(Moyano, 2018 y Bruzzone, 2018). El arroz que conforma esta nueva variedad es el resultado de cruzar distintas variedades, entre las cuales se incluyen variedades latinoamericanas de alto rendimiento como el Fedearroz 50 y una variedad silvestre de arroz conocida como Salahondita, perteneciente a la especie *Oryza latifolia*. Esta nueva variedad es tetraploide, lo que le otorga tolerancia a la inundación, tiene un período vegetativo corto de aproximadamente 130 días, puede alcanzar un rendimiento potencial de 12 toneladas por hectárea, y presenta resistencia a plagas y enfermedades fúngicas. Además, es capaz de tolerar bajas temperaturas y ofrece gran calidad de grano, lo que resulta en una molienda de alta calidad. Todas estas características la convierten en una variedad altamente promisorio (Agraria, 2014).

2.2.2. Variedad “Fedearroz 60”

Según las recomendaciones de Fedearroz (2014), se sugiere utilizar una cantidad de semilla que varía entre 120 y 180 kg por hectárea, con la posibilidad de reducirla a 100-130 kg por hectárea cuando se utiliza una trasplantadora de precisión. Para lograr una producción óptima, se recomienda alcanzar una densidad de plantas de 200 a 250 por metro cuadrado y una cantidad de panículas de 500 a 600 por metro cuadrado. Esta variedad de arroz se caracteriza por su notable vigor, con una altura promedio de 111 cm, un alto grado de macollamiento y una buena tolerancia al volcamiento. Sin embargo, es importante tener precaución en las áreas más bajas de los campos, donde pueden existir problemas como el exceso de agua, la presencia de arroz rojo y una fertilización nitrogenada excesiva. En lo que respecta a su resistencia a enfermedades, esta variedad demuestra una tolerancia a la *Piricularia*, pero es susceptible a la *Rhizoctonia* y la Hoja Blanca cuando se cultiva en el campo. En condiciones climáticas y de manejo desfavorables, pueden surgir problemas como el *Gaeumanomyces* (conocido como mancha naranja) y el *Helminthosporium*. Se recomienda llevar a cabo la fertilización en cuatro etapas: un 20% al comienzo del macollamiento, un 30% durante el macollamiento activo, otro 30% al inicio de la formación del primordio floral y el 20% restante entre los 60 y 65 días después de la emergencia (DDE). En lo que concierne al fósforo, se sugiere aplicarlo por completo durante la resiembra o en el momento de la siembra, o, en su defecto, al comienzo del macollamiento. En relación al potasio, se aconseja distribuirlo en los cuatro fraccionamientos de nitrógeno de la siguiente manera: 20% al inicio del macollamiento, 20% durante el macollamiento activo, 40% al inicio de la formación del primordio floral y 20% durante el desarrollo de la panícula. En lo que se refiere a los elementos menores y secundarios como boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), calcio (Ca), azufre (S) y magnesio (Mg), la aplicación debe basarse en los resultados de los análisis de suelos. Los elementos menores deben aplicarse al momento de la siembra o en la primera fertilización, mientras que

los secundarios se deben distribuir en fraccionamientos entre el inicio del macollamiento y el inicio de la formación del primordio floral. En la cosecha, se recomienda llevar a cabo la recolección cuando la humedad de los granos se encuentre en un rango de 22% a 26%.

2.3. Preparación del terreno

El suelo cumple un papel fundamental no solo como el medio físico que sostiene a la planta de arroz, sino también como fuente de nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo. Sin embargo, el suelo también puede albergar elementos perjudiciales para el cultivo, como malezas, insectos, hongos y bacterias. Por lo tanto, uno de los objetivos principales de la preparación del suelo es eliminar las malezas existentes y mezclar la materia orgánica en el suelo, que proviene tanto de la cosecha anterior como de las propias malezas. Además, esta preparación contribuye a mejorar la estructura del suelo, haciendo más adecuada para la siembra de las semillas de arroz en la capa cultivable (Lainez, 2003).

Es importante destacar que la preparación del terreno en condiciones húmedas es más laboriosa en comparación con la realizada en condiciones secas. Sin embargo, su costo y uso están justificados, ya que permite controlar las malezas, que pueden disminuir el del producto final. Un desafío al utilizar este método es que, en regiones de climas cálidos donde el agua es un recurso limitado, puede resultar difícil obtener los volúmenes necesarios de agua para llevar a cabo el proceso de inundación y fangueo (Guzmán, 2006).

2.3.1. Nivelación de terreno

La implementación de técnicas de nivelación en terrenos destinados a la siembra bajo riego puede implicar costos iniciales considerables, pero estos gastos se recuperan rápidamente debido a las ventajas que se obtienen si se realiza el trabajo con precisión (Guzmán, 2006 y Heros, 2013). Para lograr una operación de siembra y preparación del terreno más eficiente, así como para gestionar el cultivo de manera adecuada y utilizar de forma eficiente los equipos de cosecha y riego, es importante que los diques o caballos estén dispuestos de manera paralela y que las melgas. Tengan un ancho uniforme. Este resultado se alcanza mediante la nivelación del terreno de tal manera que se obtienen curvas de contorno ligeramente rectas y uniformemente distribuidas (Guzmán, 2006).

2.3.2. Fangueo

En situaciones de suelo húmedo, resulta complicado perfeccionar la superficie del terreno utilizando rastras. En tales casos, es necesario recurrir a herramientas de construcción simples, como un rodillo y ruedas fangueadoras, junto con un rodillo más pequeño

que se superpone detrás del tractor. Una vez que se ha completado la tarea, es común quede una zona en el banco con charcos o lodo (Guzmán, 2006).

2.3.3. Siembra

2.3.3.1. Siembra directa

Este método puede llevarse a cabo en suelo seco o en suelo húmedo utilizando semillas pregerminadas. Aunque tiene la ventaja de requerir menos mano de obra al eliminar la necesidad de trasplante, también presenta la desventaja de ser más susceptible a la competencia de las malezas (Corporación MISTI, 2008).

2.3.3.2. Siembra indirecta

El proceso de trasplante implica la cuidadosa extracción de plántulas del semillero y su colocación en el campo de cultivo del arroz, las plántulas se trasplantan en grupos de 4 a 6 plantas por área, con espaciamientos que varían, como 20 x 20 cm, 20 x 25 cm o 25 x 25 cm, según la calidad del suelo. Se aconseja llevar a cabo un recalce poco después del trasplante, en el caso de plántulas que tengan más de 35 días de edad en el semillero, se debe incrementar la cantidad de plántulas por área, el trasplante se realiza en campos con una lámina de agua de no más de 5 cm de profundidad y con las pozas cerradas (CIAT, 2005). Antes del trasplante, se realiza una siembra inicial en áreas pequeñas llamadas almácigos, donde las plántulas crecen hasta alcanzar el tamaño adecuado para ser trasplantadas al campo principal, La cantidad de semilla utilizada oscila entre 120 y 150 g/m² y debe cumplir con requisitos de fertilidad y no tener problemas de salinidad o drenaje. Se sugiere un tamaño adecuado para las pozas de almácigo de 6 x 30 m para facilitar las tareas de cultivo (Corporación MISTI, 2008).

El Sistema de Cultivo Alternativo con Surcos Anegados (SICA) involucra un trasplante temprano con plántulas de 8 a 15 días de edad, generalmente coincidiendo con la aparición de la segunda o tercera hoja (Dhital, 2011). El trasplante debe realizarse de manera rápida, en un período de 15 a 30 minutos, para evitar el estrés en las plántulas y reducir la formación de macollos, la profundidad de siembra se mantiene en 1-2 cm para evitar dañar el sistema de raíces. Algunos expertos sugieren que, en el SICA, el trasplante se debe llevar a cabo antes de que la planta alcance el cuarto filocrono de crecimiento (Nemoto et al., 1995).

En el SICA, trasplantar plántulas jóvenes, con menos de cuatro hojas y generalmente de 8-10 días de edad, pero no más de 15 días, fomenta una mayor formación de macollos y desarrollo de raíces. Si el trasplante se realiza durante el cuarto filocrono, se produce una disminución en el número de macollos. En resumen, trasplantar

plántulas muy jóvenes preserva el potencial de macollamiento y crecimiento de las raíces, a diferencia de los trasplantes más tardíos (Uphoff, 2002).

2.3.4. Manejo de agua

Determinar la profundidad de agua óptima puede ser un desafío, ya que en gran medida depende del nivel de disponibilidad de agua y de la calidad del nivelado del campo (Guzmán, 2006). Para un trasplante exitoso, es esencial realizarlo en una fina capa de agua, lo que asegura una adecuada fijación de las plántulas en el suelo. Después de unos 3 días de haber realizado el trasplante, se recomienda realizar un "secado" parcial del campo, lo cual facilita el enraizamiento o arraigo de las plántulas. Una vez que las plántulas han arraigado, generalmente entre los 5 y 7 días, se deben aplicar riegos ligeros para evitar el ahogamiento de los macollos (tallos). Estos riegos deben mantenerse hasta el momento en que se realiza la primera fertilización (Proyecto Especial Alto Huallaga [PEAH], 2008).

2.3.5. Fertilización del cultivo

Las propiedades químicas de los suelos cambian cuando están inundados en comparación con los que no lo están. En suelos inundados, se caracterizan por la falta de oxígeno y un aumento en los niveles de dióxido de carbono. La inundación tiene el efecto de iniciar el proceso de revisión de la materia orgánica y aumentar la solubilidad de los fosfatos y la sílice (Guzmán, 2006).

El nitrógeno es un factor fundamental para aumentar los rendimientos del cultivo de arroz. La eficacia de la planta para aprovechar el nitrógeno depende en gran medida del procesamiento de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas. En las primeras fases de desarrollo, la planta toma el nitrógeno en forma amoniacal. Varios estudios han demostrado que la aplicación de nitrógeno en forma nítrica no tiene un efecto positivo y, en ocasiones, puede ser perjudicial debido a su conversión en nitritos. Sin embargo, en etapas posteriores del crecimiento, la aplicación de nitratos como fertilizante puede resultar beneficiosa (Cordero, 1993).

El proceso de abonamiento en el cultivo de arroz se divide en tres etapas:

1. Primer Abonamiento: Después de que las plántulas de arroz hayan estado en el semillero durante 8 días, se sugiere aplicar entre 3 y 4 kg de fosfato diamónico por cada poza de 180 m². Este fertilizante proporciona fósforo y nitrógeno en forma de amonio, que es fácilmente asimilado por las plantas. El fósforo promueve un desarrollo saludable de las raíces, mientras que el nitrógeno evita que las plántulas detengan su crecimiento normal. Para un área de dos pozas y media de semillero, se requieren entre 7,5 y 10 kg de fosfato diamónico (Guzmán, 2006).

2. Segundo Abonamiento: Una vez que las plántulas de arroz han estado en el semillero durante un número determinado de días, se recomienda aplicar 6 kg de urea por cada poza de 180 m². La urea es rica en nitrógeno y contribuirá al crecimiento saludable de las plántulas. Para un área de dos pozas y media de semillero, se necesitan 15 kg de urea (Guzmán, 2006).

3. Tercer Abonamiento: Después de 18 días desde la siembra de las semillas, se aconseja aplicar 3 kg de sulfato de amonio en cada poza de 189 m². Este fertilizante contiene nitrógeno en forma de amonio, que es absorbido de manera inmediata por las plántulas, y también azufre proporciona, un elemento crucial para la salud y nutrición de la planta. Para un área de dos pozas y media de semillero, se requieren 7,5 kg de sulfato de amonio (Instituto De Desarrollo Agrario De Lambayeque [IDAL], 2011).

Estas pautas de abonamiento se basan en las necesidades nutricionales del cultivo de arroz y buscan orientar a los agricultores en la fertilización, utilizando una dosis de 8 a 10 toneladas por hectárea, con una recomendación específica de 200-100-120 kg/ha de NPK. (Ministerio de Agricultura y Riego [MIDAGRI], 2018).

2.4. Antecedentes en estudio.

En Tingo María, Perú, se realizó un estudio sobre el rendimiento del arroz con diferentes edades de trasplante y números de plantas por golpe. Las edades de trasplante fueron 10, 13 y 16 días después de la siembra, y el número de plantas por golpe varió de 1, 2 a 3. Los resultados mostraron que se obtuvo el mayor número de panojas a los 16 días después de la siembra, con 2 plantas/golpe. Sin embargo, el número de espiguillas por panoja fue mayor a los 10 días después de la siembra. Aunque el peso de 1 000 g fue mayor a los 10 días, el mayor rendimiento se logró a los 16 días, alcanzando 11,17 t/ha al 14 % de humedad (Pinedo, 2014).

En Tingo María, Perú, se investigó el rendimiento del arroz “CAPIRONA” con diferentes números de plantas/golpe en tres edades de trasplante: 7, 12 y 17 días después de la siembra. Los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Sin embargo, se obtuvo un rendimiento de 8 188,70 kg/ha a los 12 días de trasplante con 1 planta por golpe (García, 2014).

Se llevó a cabo un estudio en Colombia sobre el efecto de cuatro épocas de siembra en cinco variedades comerciales de arroz. La variedad “F.67” mostró el mejor rendimiento en general, mientras que la “F.68” se destacó en calidad molinera, aunque sin diferencias significativas en este aspecto. Estos resultados proporcionan información valiosa para el cultivo (Coy 2015).

En Tingo María, Perú, se investigó el efecto de tres variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) y dos métodos de siembra, trasplante y siembra al voleo. Se observará que las variedades trasplantadas por trasplante tuvieron rendimientos significativamente superiores al voleo. Además, las duraciones del cultivo variaron según la variedad y el método de siembra (Esteban, 2021).

En Lambayeque, Perú, se compararon dos sistemas de riego, por aspersión y por gravedad, en el cultivo de arroz de la variedad “Hp102 FL el valor” (HP-102-FL). Se encontró que el sistema de inundación resultó en un mayor rendimiento del 15 % en comparación con el sistema de aspersión (Rodríguez y Lara, 2020).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se llevó a cabo en el Fundo Agrícola I, que formó parte de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) durante los meses que transcurrieron de enero a junio en el año 2020. Este sitio está localizado en Tingo María, específicamente en el distrito de Rupa Rupa, que pertenece a la provincia de Leoncio Prado en el departamento de Huánuco. El clima predominante en esta región está catalogado como bosque muy húmedo tropical (bmh-t), y en promedio, la temperatura es de 25,3 °C. Las coordenadas geográficas del lugar indican que se ubica a 896778 metros al norte, 8969870 metros al sur, y se encuentra a una altitud de 660 metros sobre el nivel del mar (msnm).

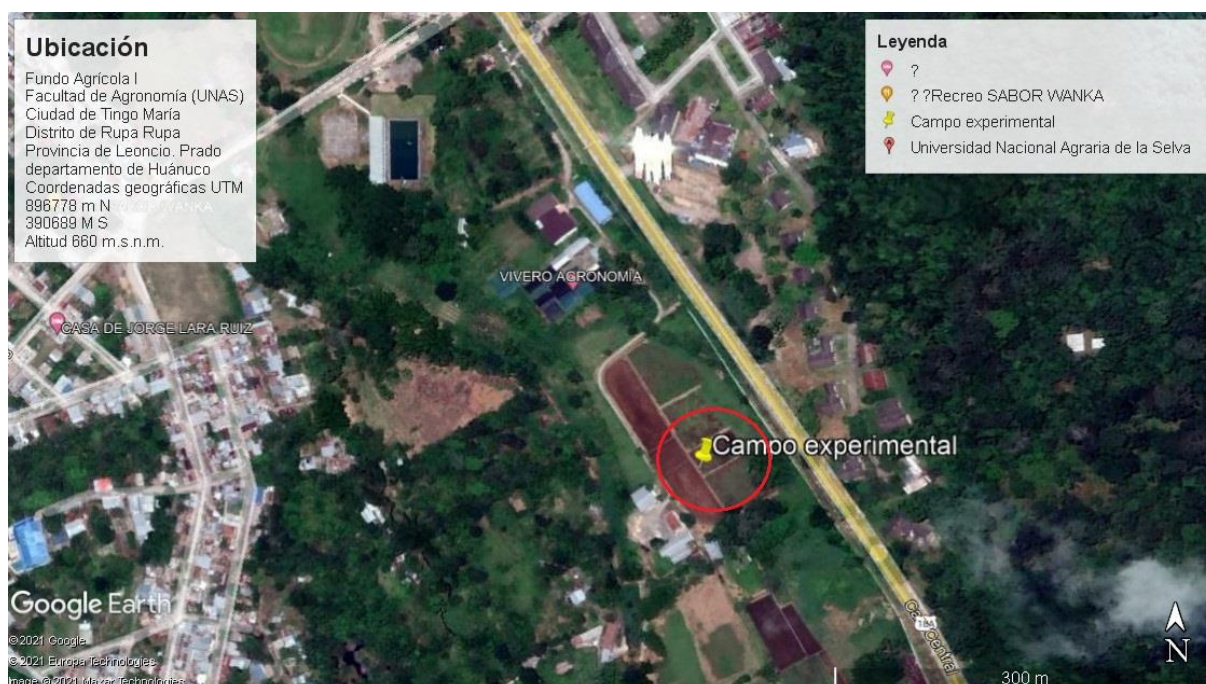


Figura 2. Ubicación del campo experimental.

3.1.1. Zona de vida

La región se encuentra en la Zona de Vida clasificada como "Bosque muy húmedo Subtropical", lo que implica que la temperatura oscila entre 22 y 36 °C. La precipitación anual promedio alcanza los 3 300 mm y la humedad relativa anual se mantiene en torno al 80 %. En resumen, se caracteriza por tener un clima cálido, húmedo y lluvioso, según los datos proporcionados por Senamhi en 2020.

3.1.2. Datos meteorológicos

Se recopilaron los datos climáticos correspondientes a los meses de enero a junio de 2020, utilizando la información de Senamhi 2020, como se detalla en la Tabla 1. A lo largo de este periodo, se destacó una temperatura máxima promedio de 30,94 °C, indicando condiciones cálidas durante el día, mientras que la temperatura mínima alcanzó los 21,61 °C, proporcionando una visión completa de las variaciones térmicas experimentadas en la región.

La humedad relativa se mantuvo notablemente constante, registrando un promedio del 82,78 %. Este dato es esencial para comprender las condiciones ambientales y sus posibles efectos en el crecimiento de los cultivos, ya que la humedad puede influir en la absorción de nutrientes y en el desarrollo de las plantas.

Además, se documentó una precipitación acumulada de 326,25 mm durante el periodo considerado. Este dato sobre la cantidad de precipitación es esencial para evaluar la disponibilidad de agua en el suelo y su impacto en el desarrollo de los cultivos. La combinación de las temperaturas registradas y la cantidad de precipitación ofrece una visión integral de las condiciones climáticas que afectaron la región durante el primer semestre de 2020, proporcionando información valiosa para el análisis de la producción agrícola y la toma de decisiones relacionadas con el manejo de los cultivos en la zona de Tingo María.

Tabla 1. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del trabajo experimental.

Año	Mes	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)	Precipitación pluvial (mm)
		Max (°C).	Min (°C).		
2020	Enero	30,53	21,54	84,88	527,90
	Febrero	29,64	21,56	86,31	373,90
	Marzo	31,73	21,39	82,50	491,30
	Abril	31,37	20,75	82,18	208,00
	Mayo	31,59	22,05	80,99	203,60
	Junio	30,77	22,38	79,80	152,80
Promedio		30,94	21,61	82,78	326,25

Fuente: Senamhi 2020.

3.2. Material y métodos

3.2.1. Análisis físico-químico inicial del suelo

El suelo elegido para la investigación muestra ciertas características iniciales (Tabla 2). En cuanto a la textura del suelo, este se clasifica como franco-arenoso, presentando una ventajosa combinación de capacidad de drenaje y retención de agua y nutrientes en el suelo. Esta característica proporciona un equilibrio fundamental para el

desarrollo de cultivos. El pH del suelo se encuentra en 5,89, lo que indica una acidez. Aunque esta acidez puede influir en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, la textura franco-arenosa compensa este efecto al facilitar el drenaje.

En relación con la materia orgánica (MO), se registra un contenido relativamente bajo, alcanzando un 1,33 %. Esta cifra señala la necesidad de considerar prácticas que incrementen la MO del suelo para mejorar su fertilidad y capacidad de retención de agua.

Los niveles de fósforo y potasio disponibles en el suelo son bajos, marcando 6,24 ppm y 119,45 ppm, respectivamente. Esta condición resalta la importancia de la aplicación controlada de fertilizantes para suplir estos elementos esenciales para el crecimiento de las plantas.

Por otro lado, el contenido de calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el suelo es notablemente alto, superando los valores de referencia para suelos con bajos niveles. Específicamente, el Ca exhibe un valor de 12,26 Cmol(+)/kg, mientras que el Mg presenta un valor de 2,67 Cmol(+)/kg. Esta concentración elevada podría influir en la estructura del suelo y requerir ajustes específicos para garantizar un equilibrio adecuado de nutrientes. En conjunto, el análisis detallado de estas propiedades del suelo proporciona una base crucial para la implementación de prácticas agrícolas personalizadas que maximicen el rendimiento de los cultivos en este entorno específico.

Tabla 2. Análisis físico-químico del suelo inicial.

Elementos	Contenido	Método empleado
Análisis físico:		
Arena (%)	45	Hidrómetro
Limo (%)	20	Hidrómetro
Arcilla (%)	35	Hidrómetro
Clase textural	Franco	Triangulo textural
Análisis químico:		
pH (1:1) en agua	5,89	Potenciométrico
M.O. (%)	1,33	Walkley y Black
N-total (%)	0,07	% M.O. x 0.05
Fósforo disponible (ppm)	6,24	Olsen Modificado
K ₂ O disponible (kg/ha)	119,45	Absorción atómica.
Ca cambiante (cmol(+)/kg)	12,26	EAA
Mg cambiante (cmol(+).kg/ha)	2,67	EAA
K cambiante (cmol (+)/kg)	0,36	EAA
Na cambiante (cmol(+)/kg)	0,15	EAA
C.I.Ce. (cmol(+)/kg)	15,44	Suma de cationes

Fuente: Laboratorio de suelos F.A. 2020

3.2.2. Componentes en estudio

- **Fuente A:** Variedades de arroz
 $a_1 = \text{“Hp102 FL el valor”}$
 $a_2 = \text{“Fedearroz 60”}$
- **Fuente B:** Edad de trasplante en almacigo
 $b_1 = 15 \text{ días}$
 $b_2 = 20 \text{ días}$
 $b_3 = 25 \text{ días}$
 $b_4 = 30 \text{ días}$

3.2.3. Tratamientos

Los experimentos incluyeron dos tipos de arroz, que fueron “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60”, además de cuatro momentos de trasplante desde el semillero, que ocurrieron a los 15, 20, 25 y 30 días después de la siembra (consultar Tabla 3).

Tabla 3. Tratamientos en estudio.

Tratamientos		Descripción de los tratamientos	
N°	Clave	Variedad de arroz	Edad de plántulas
T ₁	a ₁ b ₁	Hp102 FL el valor	15 días
T ₂	a ₁ b ₂	Hp102 FL el valor	20 días
T ₃	a ₁ b ₃	Hp102 FL el valor	25 días
T ₄	a ₁ b ₄	Hp102 FL el valor	30 días
T ₅	a ₂ b ₁	Fedearroz 60	15 días
T ₆	a ₂ b ₂	Fedearroz 60	20 días
T ₇	a ₂ b ₃	Fedearroz 60	25 días
T ₈	a ₂ b ₄	Fedearroz 60	30 días

dds = Días después de la siembra. (10 días germino la semilla)

Se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) que consistía en ocho tratamientos distribuidos en cuatro repeticiones, lo que resultó en un total de 32 unidades experimentales. Todas las variables se sometieron a un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5 %. La inclusión de bloques tenía como objetivo mitigar cualquier efecto que pudiera influir en los factores de interés.

3.3. Ejecución del experimento

3.3.1. Almacigo

La preparación del almacigo se llevó a cabo manualmente el 10 de enero de 2020, se utilizó una pala para remover el suelo y una manguera transparente de ½ pulgada

de diámetro para nivelar la poza. Las dimensiones del almácigo fueron de 6 m de largo por 3 m de ancho. Se sembraron 200 g de semilla de arroz/m² de terreno, lo que equivale a un total de 3,6 kg de arroz para el proyecto de investigación. En cuanto a la siembra, las semillas se pregerminaron sumergiéndolas en agua durante 24 horas y luego se colocaron en un lugar protegido durante 48 horas. Posteriormente, se distribuyó la semilla pregerminada sobre una lámina de agua de aproximadamente 5 cm de altura el 12 de enero de 2020. El manejo del agua implicó la construcción del almacén cerca de una fuente de agua para facilitar las labores agronómicas. Después de 24 horas de la siembra, se retiró el agua para permitir el prendimiento de las semillas, y a partir del quinto día se realizaron riegos frecuentes. La fertilización del almácigo se llevó a cabo el 21 de enero de 2020, 9 días después de la siembra de la semilla, utilizando 500 gramos de fosfato diamónico. Además, el 24 de enero de 2020, a los 12 días después de la siembra, se aplicaron 850 gramos de urea en la poza. El deshierbo se realizó de forma manual entre los días 15 y 18 después de la siembra. Para el control de plagas en el almácigo, se aplicó Cipermetrina (Ciperklin) aproximadamente 10 días después de la siembra, el 22 de enero de 2020, en función del daño ocasionado por los insectos, específicamente el cogollero. Luego, a los 12 días después de la siembra, el 24 de enero de 2020, se aplicó un insecticida combinado con un fungicida (Provado Combi + Silvacur Combi) de manera preventiva. El trasplante de plántulas se realizó en cuatro momentos diferentes: a los 15, 20, 25 y 30 días después de la siembra, de acuerdo con los tratamientos identificados. Estas operaciones de trasplante tuvieron lugar los días 27 de enero, 1 de febrero, 6 de febrero y 11 de febrero de 2020.

3.3.2. Campo definitivo

3.3.2.1. Delimitación del campo experimental

Se empleó el método del triángulo notable (con lados de longitud 3, 4 y 5) para establecer los límites del área experimental, utilizando estacas y una cuerda métrica. Posteriormente, se subdividió la zona en cuatro bloques, asignando en cada uno de ellos los 8 tratamientos mediante parcelas de 3x3 metros. Se mantuvo una distancia de 0,5 metros entre las parcelas, dejando un espacio de 1 metro entre los bloques.

3.3.2.2. Preparación del terreno

La fase inicial del proceso experimental implicó la preparación minuciosa del suelo mediante métodos mecanizados. Se optó por la utilización de un arado de discos para realizar una primera pasada, seguido de dos pasadas de rastra dispuestas en un patrón cruzado. El propósito fundamental de esta práctica fue lograr un nivel óptimo de mullido en el suelo, favoreciendo así las condiciones ideales para el desarrollo de los cultivos. Este

proceso de preparación del terreno se llevó a cabo con precisión el 20 de enero de 2020, marcando un hito en la planificación y ejecución de la investigación.

3.3.2.3. Trasplante

La fase de trasplante fue una etapa crucial del experimento, caracterizada por una cuidadosa manipulación de las plántulas. En cada golpe de terreno, se llevaron a cabo trasplantes de 4 plántulas, garantizando una disposición uniforme con una distancia precisa de 20x20 cm entre ellas y una profundidad de aproximadamente 3 cm. Este proceso se realizó en cuatro momentos estratégicos, programados a los 15, 20, 25 y 30 días después de la siembra. Estas fechas específicas fueron el 27 de enero, 1 de febrero, 6 de febrero y 11 de febrero de 2020, marcando hitos cruciales en el desarrollo de la investigación agronómica. La meticulosidad en la planificación y ejecución de los trasplantes contribuyó significativamente a la uniformidad y consistencia de los tratamientos aplicados a lo largo del estudio.

3.3.2.4. Fertilización

La estrategia de fertilización implementada fue cuidadosamente elaborada con el objetivo primordial de maximizar el rendimiento del cultivo de arroz, tomando como referencia la producción máxima de 10 toneladas por hectárea, según las directrices establecidas por el Ministerio de Agricultura y Riego (MIDAGRI, 2018). Se consideraron detalladamente los aportes identificados previamente a través del análisis del suelo (consultar Tabla 2).

La fórmula de fertilización elegida fue de 200-100-120 kg/ha, incorporando Urea como fuente de nitrógeno (46 %) y Superfosfato triple de calcio como fuente de fósforo (46 % P_2O_5). No se aplicó potasio debido a que el análisis de suelo indicó que su presencia era adecuada. Con el fin de asegurar una distribución óptima de los nutrientes, se dividió la fertilización en dos etapas cruciales del ciclo del cultivo.

La primera aplicación de fertilizantes tuvo lugar 15 días después del trasplante, distribuyéndose en fechas específicas que abarcaron el 11, 16, 21 y 26 de enero del 2020. Las cantidades fueron de 198,6 kg/ha de urea y 85,65 kg/ha de P_2O_5 . Realizando cálculos por tratamiento, se aplicaron 355 g de urea y 155 g de P_2O_5 . Esta planificación detallada se diseñó para adaptarse a las necesidades particulares del cultivo en distintos momentos de su desarrollo.

El segundo abonamiento, programado para 60 días después del trasplante, se llevó a cabo en fechas específicas: 27 de marzo, 1, 6 y 11 de abril de 2020, con dosis equivalentes de 355 g de urea y 155 g de P_2O_5 . Esta estrategia de fertilización escalonada

resultó fundamental para optimizar la disponibilidad de nutrientes a lo largo de todo el ciclo del cultivo, contribuyendo de manera significativa al éxito del experimento agronómico.

3.3.2.5. Control de malezas

Se implementaron controles meticulosos y oportunos de malezas a lo largo del periodo vegetativo del cultivo para garantizar un ambiente óptimo de crecimiento. Estas intervenciones específicas se llevaron a cabo con una frecuencia de 15 y 30 días después del trasplante, abarcando un cuidadoso proceso de inspección y eliminación manual de malezas que pudieran afectar el desarrollo saludable de las plantas. Este enfoque proactivo y programado contribuyó significativamente a mantener la pureza del cultivo y a preservar las condiciones ideales para su crecimiento durante las fases iniciales cruciales.

3.3.2.6. Cosecha

La recolección se ejecutó con precisión, eligiendo el momento óptimo cuando aproximadamente el 95 % de los granos en las panojas alcanzaron su completa madurez y toda la planta mostró una distintiva coloración amarillenta, asegurando así un rendimiento máximo y la calidad deseada en los granos cosechados. El proceso de cosecha se llevó a cabo de manera manual, utilizando técnicas cuidadosas para cortar los tallos, la herramienta agrícola fue “hoz”, a una altura de 10 cm del suelo, implementando esta metodología con el propósito de preservar la integridad de los granos y minimizar el impacto en el suelo circundante. La cosecha inició con la primera recolección el 27 de junio de 2020, fecha estratégicamente seleccionada para asegurar la obtención de cultivos de alta calidad y en su punto óptimo de madurez, culminando en un resultado exitoso que reflejó la dedicación y planificación aplicadas a lo largo de todo el ciclo del cultivo.

3.4. Características evaluadas.

3.4.1. Altura de las plantas

Se procedió a recopilar datos exhaustivos acerca de la altura de las plantas, medida en centímetros desde la base hasta la punta de la hoja más extensa, realizando mediciones a intervalos de 15 días según la fecha de trasplante, hasta completar los 90 días de desarrollo del cultivo. Este proceso sistemático de seguimiento permitió obtener una visión detallada y dinámica del crecimiento de las plantas a lo largo de todo su ciclo. En cada unidad experimental, se llevó a cabo la medición de 12 plantas/m², garantizando así una muestra representativa que reflejara de manera precisa las variaciones en la altura de las plantas en diferentes condiciones experimentales. Esta metodología rigurosa de recolección de datos se

erigió como un pilar fundamental para la evaluación objetiva y cuantitativa del rendimiento y desarrollo de los cultivos a lo largo del tiempo.

3.4.2. Número de macollos por metro cuadrado

A cinco días previos a la cosecha, se llevó a cabo una evaluación detallada del número de macollos presentes por metro cuadrado dentro de la zona designada al comienzo de la investigación. Este análisis proporcionó una visión precisa del desarrollo del cultivo justo antes de la fase crucial de recolección, permitiendo así una comprensión más completa de la densidad y distribución de los macollos y su impacto potencial en el rendimiento final. La recopilación de esta información en el período cercano a la cosecha contribuyó significativamente a la evaluación integral de la salud y la productividad de la plantación.

3.4.3. Número de panojas por metro cuadrado

La medición se llevó a cabo en el mismo día de la cosecha mediante un conteo simple, en estricta conformidad con los tratamientos previamente establecidos en el diseño experimental. Esta evaluación meticulosa no solo garantizó la coherencia y la precisión de los resultados, sino que también se ajustó rigurosamente al marco metodológico predefinido. La ejecución de este conteo en el momento culminante de la cosecha fortaleció la validez y la fiabilidad de los datos recopilados, proporcionando una visión detallada y actualizada de los efectos de los tratamientos en el rendimiento final del cultivo.

3.4.4. Longitud de la panoja

Para la medición precisa de la longitud de la panoja, se adoptó un enfoque meticuloso. Cada panoja fue cuidadosamente posicionada sobre una regla en centímetros, y la medición se realizó desde el nudo ciliar hasta la arista del último grano. Con el fin de garantizar representatividad y variabilidad en los resultados, se eligieron de manera aleatoria 5 panojas dentro de cada metro cuadrado en cada unidad experimental para llevar a cabo esta evaluación. Este procedimiento no solo aseguró datos fiables y detallados, sino que también incorporó la aleatoriedad como un elemento fundamental para la validez y la generalización de los resultados obtenidos.

3.4.5. Número de granos por panoja

A partir de las panojas previamente medidas en longitud, se procedió a realizar un conteo detallado de los granos por panoja dentro del metro cuadrado de la unidad experimental. Esta evaluación, llevada a cabo posterior a la cosecha, implicó la selección de 5 panojas de forma aleatoria. Este enfoque no solo proporcionó una perspectiva integral de la cantidad de granos por panoja, sino que también aseguró la representatividad y variabilidad de

los resultados, contribuyendo así a una comprensión más completa del rendimiento del cultivo en cada unidad experimental.

3.4.6. Peso de 1000 semillas

Se procedió a realizar el conteo de 1 000 g seleccionados al azar de cada unidad experimental, manteniendo un nivel de humedad constante del 14%. Posteriormente, se llevaron a cabo mediciones precisas de peso mediante una balanza digital. Este proceso se llevó a cabo con el objetivo específico de analizar la relación entre la humedad y el rendimiento de los granos. La meticulosa medición y pesaje de estos granos seleccionados proporcionaron datos valiosos para evaluar con precisión el peso individual de los granos y, por ende, su contribución al rendimiento total del cultivo en cada unidad experimental.

3.4.7. Rendimiento estimado

En gabinete se calculó el rendimiento del grano de arroz en cascara, con una humedad de 14 % $RDMT/(kg/ha) = (N^{\circ} PAN)/m^2 \times (N^{\circ} PAN/peso) c/g \times 0,001$

Donde:

RDMT	= Rendimiento
N° PAN	= Número de panojas
N° GLL	= Número de granos llenos
PAN	= Panojas
m ²	= metro cuadrado
PESO C	= Peso de cada semilla

3.4.8. Análisis económico de los tratamientos en estudio

Se emprendió un análisis económico exhaustivo, aprovechando los datos de rendimiento derivados de la cosecha. Este análisis abarcó una evaluación detallada de los costos y beneficios asociados con la producción, brindando así una perspectiva integral sobre la viabilidad económica del cultivo en estudio. La utilización de los datos de rendimiento no solo permitió calcular los ingresos generados, sino que también posibilitó un examen detenido de los gastos relacionados con el proceso agrícola. Este enfoque integral en el análisis económico proporcionó información valiosa para la toma de decisiones y la planificación estratégica en futuros ciclos de cultivo.

Índice de rentabilidad = rentabilidad neta/costo de producción

Beneficio costo = 1 + costo unitario/costo de producción

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura de planta

Se llevaron a cabo ocho evaluaciones con una frecuencia de 15 días (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días) para analizar la variable de altura de plantas en dos variedades del cultivo de arroz. Estas evaluaciones se realizaron según los días de trasplante después de la siembra, específicamente a los 15, 20, 25 y 30 días. Al examinar los datos, se destacan notables diferencias entre los días de trasplante. La variedad “Fedearroz 60”, trasplantada a los 15 días, exhibe la mayor altura de plantas, mientras que la variedad “Hp102 FL el valor”, trasplantada a los 30 días después de la siembra, presenta la menor altura de plantas (Figura 3).

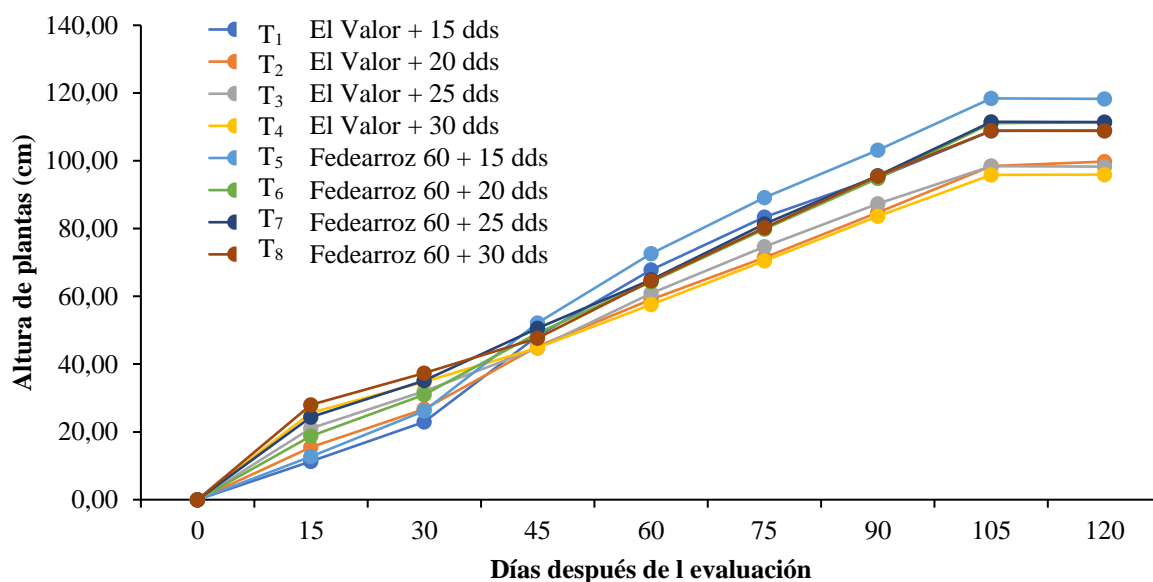


Figura 3. Evaluación del crecimiento del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” trasplantado a los 15, 20, 25 y 30 días después de la germinación.

Los resultados obtenidos brindan una valiosa perspectiva sobre la influencia del tiempo de trasplante en la altura de las plantas de arroz, la clara correlación entre el momento de trasplante y el desarrollo vertical de las plantas destaca la importancia de elegir estratégicamente el período adecuado para esta actividad agrícola, el hecho de que las plantas trasplantadas a diferentes momentos exhiban variaciones significativas en su altura subraya la necesidad de una gestión precisa de este aspecto del proceso de cultivo. Es interesante observar que el mayor crecimiento se registra durante el período que abarca hasta los 105 días después del trasplante, este hallazgo sugiere que este lapso de tiempo es crítico para el desarrollo

vigoroso y sostenido de las plantas de arroz. Es posible que durante este período las plantas estén experimentando un crecimiento acelerado en respuesta a las condiciones ambientales y nutricionales óptimas, así como a la capacidad de adaptación inherente a las variedades de arroz seleccionadas. A partir de los 105 días después del trasplante, se observa un fenómeno interesante: el crecimiento de las plantas se estabiliza, mostrando una tendencia a mantenerse constante hasta los 120 días. Esta fase de estabilidad en el crecimiento podría deberse a una variedad de factores, como la transición de las plantas hacia la fase reproductiva, donde se destina más energía a la producción de panojas y granos de arroz. Este equilibrio en el crecimiento podría ofrecer oportunidades para una gestión más eficiente de los recursos y una planificación precisa de las prácticas agrícolas.

Los resultados obtenidos en este estudio destacan de manera elocuente la trascendencia de elegir con precisión el momento óptimo para llevar a cabo el trasplante de plántulas de arroz, la clara influencia del tiempo de trasplante en la altura de las plantas revela una relación directa entre este factor y el rendimiento general del cultivo, generando una comprensión profunda de los aspectos fenológicos del crecimiento de las plantas de arroz, también se subraya la relevancia práctica de la gestión del tiempo en el contexto agrícola.

La elección adecuada del momento de trasplante se revela como un determinante para optimizar la altura de las plantas, un indicador clave del vigor y la salud de las plantas, la influencia de este factor en el rendimiento del cultivo se extiende más allá de la simple altura, ya que la calidad general de las plantas, la formación de macollos y la producción de granos están intrínsecamente vinculadas a este proceso, la capacidad de anticipar y gestionar estratégicamente el tiempo de trasplante se convierte en una herramienta valiosa para los agricultores, contribuyendo a una comprensión completa de los factores que influyen en el desarrollo de las plantas de arroz.

Al analizar el coeficiente de regresión (Figura 4), se destaca que los resultados apuntan a una notoria relación entre la variable dependiente Y, que representa la altura de las plantas de arroz, y la variable independiente X, que indica los días de trasplante, este ajuste se evidencia en una ecuación lineal. Es crucial destacar que en el caso de la variedad “Hp102 FL el valor” de R^2 se acerca a uno, la proximidad de estos valores de R^2 a la unidad sugiere una marcada dependencia entre las variables (Gutiérrez y De La Vara, 2012), lo que indica que el modelo de regresión lineal es apropiado para describir la relación existente. Este modelo no solo describe la relación sino que también puede utilizarse para prever el crecimiento en altura de las plantas de arroz en función del tiempo. En la variedad “Fedearroz 60” la mayor asociación se observa cuando se trasplanta a los 25 días, con un valor de R^2 igual a 0,9843, este alto

coeficiente de determinación refuerza la idea de que la variable dependiente (altura de las plantas) está fuertemente vinculada a la variable independiente (días de trasplante) en este punto específico del proceso del cultivo.

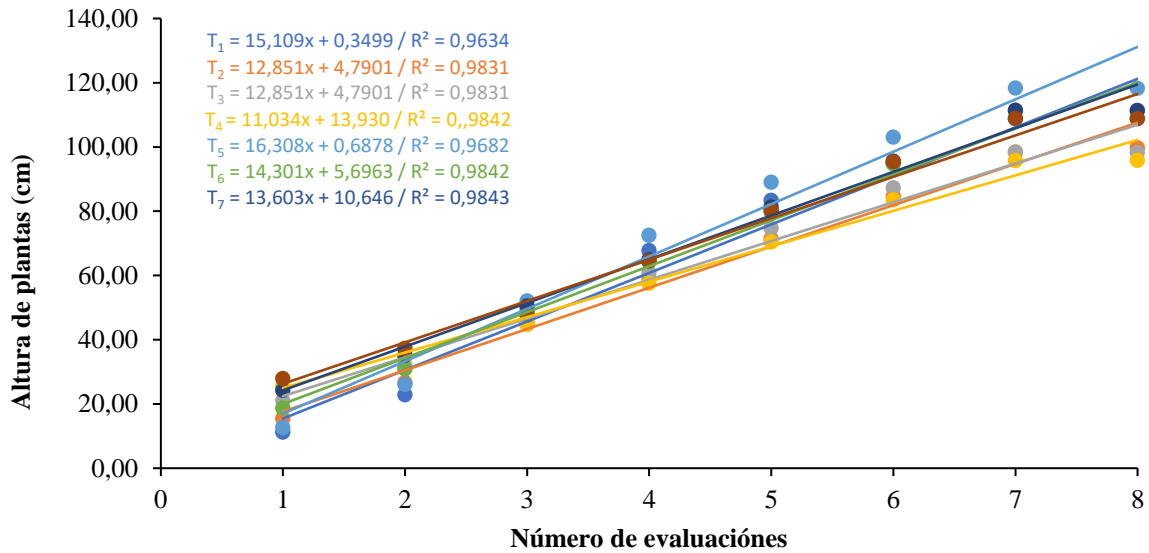


Figura 4. Relación de las variables días de trasplante (X) y altura de plantas del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” evaluado hasta los 120 días.

La variable de altura, evaluada a los 120 días, fue sometida a un análisis de varianza ($\alpha = 0,05$), (Tabla 4), no se registran diferencias estadísticamente significativas entre los bloques, ya que el valor de probabilidad no supera el umbral establecido ($p > 0,05$), esto sugiere que los bloques exhiben condiciones similares entre sí. Sin embargo, se destacan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, dado que el valor de probabilidad es inferior al umbral ($p < 0,05$), en otras palabras, al menos uno de los períodos de trasplante bajo estudio difiere de manera estadísticamente significativa en la altura de plantas.

Tabla 4. Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) para altura de plantas de arroz, evaluado a los 120 días desde el trasplante.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	p-valor
Bloque	3	0,29	0,10	0,55	0,6511
Tratamiento	7	1688,91	241,27	1365,56	<0,0001
Error experimental	21	3,71	0,18		
Total	31	1692,91			
CV (%)		0,39			

El coeficiente de variación (CV) fue 0,39 %, indicando una excelente uniformidad en la recopilación de datos sobre la altura de las plantas de las dos variedades de arroz durante el experimento, es relevante señalar que Pimentel (1985), citado por Gordón y Camargo (2015), manifiesta que en los ensayos agrícolas de campo, generalmente se considera que los CV son bajos cuando son inferiores al 10 %. Esto confirma que la variación en los datos de las unidades experimentales en la altura de las plantas en las dos variedades de arroz es muy baja, fortaleciendo la confiabilidad de los resultados obtenidos

La comparación de los promedios de los tratamientos se llevó a cabo mediante la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$), (Tabla 5), la cual revela la existencia de seis grupos de diferencias significativas, se destaca el tratamiento T₅ (Fedearroz 60 + 15 dds) ya que muestra la mayor altura promedio de plantas con valor promedio de 118,31 cm, diferenciándose de manera significativa de los demás tratamientos. En segundo lugar, se encuentran los tratamientos T₇ (Fedearroz 60 + 25 dds) y T₆ (Fedearroz 60 + 20 dds), con alturas promedio de 111,40 y 111,36 cm, estos dos tratamientos se consideran estadísticamente equivalentes, pero difieren de manera significativa de los tratamientos T₁, T₈, T₂, T₃ y T₄. En tercer lugar, se sitúan los tratamientos T₁ (Hp102 FL el valor + 15 dds) y T₈ (Fedearroz 60 + 30 dds), ambos con alturas promedio de 108,95 cm estadísticamente son iguales pero diferentes de los tratamientos T₂, T₃ y T₄. El tratamiento T₂ (Hp102 FL el valor + 20 dds) ocupa el cuarto lugar, registrando una altura promedio de 99,79 cm, y difiere significativamente de los tratamientos T₃ y T₄. El tratamiento T₃ (Hp102 FL el valor + 25 dds) se ubica en quinto lugar, con una altura promedio de 98,30 cm, siendo estadísticamente diferente del tratamiento T₄, este tratamiento exhibe la altura promedio más baja de las plantas de arroz. Este análisis detallado de las alturas promedio ofrece una visión más completa de las variaciones entre los tratamientos, contribuyendo a una interpretación más precisa de los resultados experimentales.

Tabla 5. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para altura de plantas de arroz, evaluado a los 120 días después del trasplante (Media \pm error estándar).

Tratamientos	Altura de plantas (cm)			Sig.
T ₅ Fedearroz 60 + 15 ddv	118,31	\pm	0,21	a
T ₇ Fedearroz 60 + 25 ddv	111,40	\pm	0,21	b
T ₆ Fedearroz 60 + 20 ddv	111,36	\pm	0,21	b
T ₁ Hp102 FL el valor + 15 ddv	108,95	\pm	0,21	c
T ₈ Fedearroz 60 + 30 ddv	108,95	\pm	0,21	c
T ₂ Hp102 FL el valor + 20 ddv	99,79	\pm	0,21	d
T ₃ Hp102 FL el valor + 25 ddv	98,30	\pm	0,21	e
T ₄ Hp102 FL el valor + 30 ddv	95,94	\pm	0,21	f

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Los resultados estadísticos obtenidos, indican que realizar el trasplante a una edad menor, es decir, en menos días después del almacigo, conlleva a un mayor crecimiento de las plantas de arroz en ambas variedades, esta tendencia posiblemente se atribuye a que las plantas experimentan menos estrés cuando se trasplantan a una edad más temprana.

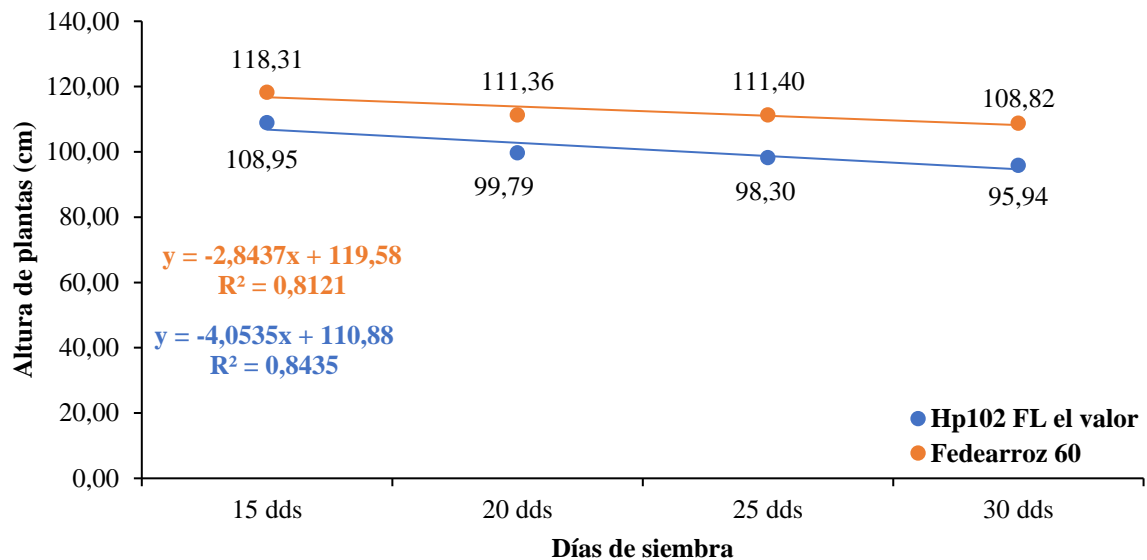


Figura 5. Líneas de tendencia de altura de plantas de arroz trasplantado en diferentes días de siembra.

En la Figura 5, se proporciona un análisis detallado de las diferencias de crecimiento para cada variedad de arroz, la evidencia respalda de manera concluyente las disparidades en el crecimiento de las plantas de arroz en relación con el tiempo de trasplante al campo definitivo, este hallazgo subraya la importancia crucial del momento de trasplante en el desarrollo de las plantas de arroz. Los datos revelan que a menor tiempo de trasplante, las plantas de arroz logran alcanzar alturas mayores. Este fenómeno se destaca con una relación del 81,21 % en la variedad “Hp 102 FL el valor” y del 84,35 % en la variedad “Fedearroz 60”, estos porcentajes confirman la estrecha correlación entre el tiempo que las plántulas permanecen en el almacigo y el crecimiento subsiguiente de las plantas. La menor altura observada en ciertos casos sugiere una posible influencia directa del tiempo que las plántulas pasan en el almacigo, además, la situación de plántulas más grandes al momento del trasplante podría afectar negativamente las raíces, induciendo estrés y manifestándose en alturas finales más bajas. Es crucial considerar que el tiempo extendido de permanencia en el almacigo puede generar una competencia intensa por recursos esenciales, como espacio, agua, nutrientes y luz,

entre otros, esta competencia por recursos podría ser un factor determinante que afecta el crecimiento normal de las plantas, ofreciendo una perspectiva más completa sobre los factores que influyen en el rendimiento de las variedades de arroz estudiadas. Moreira (2017) resalta la importancia de identificar el momento óptimo para realizar el trasplante, un aspecto que está estrechamente ligado al desarrollo del semillero, según el autor, este momento ideal suele situarse entre los 8 y 12 días después del almacigo, coincidiendo con la aparición de la segunda hoja en la planta, no obstante, subraya la necesidad de considerar la variabilidad que puede existir según la variedad de arroz en cuestión y las condiciones climáticas prevalecientes.

En nuestro estudio, observamos que la variedad “Fedearroz 60” exhibe una altura superior a la variedad “Hp102 FL el valor”, este fenómeno podría vincularse a diferencias genéticas, dado que ambas variedades son genéticamente modificadas, al respecto Degiovanni et al. (2004) respaldan esta observación al señalar que la variedad “Fedearroz 60” presenta el mayor promedio de altura, atribuyéndolo a sus características genéticas particulares., asimismo las recomendaciones de Ortez et al. (2018) refuerzan la importancia de considerar la edad de las plántulas al momento del trasplante, estos autores sugieren que el trasplante se deben realizar cuando las plántulas tengan entre 15 y 18 días en el almacigo, con la colocación de 2 a 3 plantas/golpe. Estas recomendaciones se alinean con los resultados de nuestro trabajo, ya que observamos un rendimiento destacado a los 15 días después de la siembra, estas recomendaciones y nuestros hallazgos respalda la validez de la elección del momento de trasplante y la densidad de plantación como factores críticos en el crecimiento óptimo de las plantas de arroz.

4.2. Número de macollos por planta/m²

Al analizar detenidamente la Figura 6, que ilustra el número de macollos/planta en el cultivo de arroz, se observa que la variable dependiente Y (número de macollos/planta), en función de la variable independiente X (días de trasplante), se ajusta a una ecuación polinómica. Este ajuste se fundamenta en el hecho de que el valor de R^2 para la variedad "Hp102 FL el valor" se acerca a la unidad, lo cual, según la interpretación de Gutiérrez y De La Vara (2012), indica una fuerte dependencia entre estas dos variables, en otras palabras, el modelo de regresión cuadrática se revela apropiado para prever el número de macollos/planta en relación con el tiempo de trasplante de las plántulas de arroz desde el almacigo. El modelo de regresión cuadrática se revela como una herramienta adecuada para anticipar cómo el tiempo de trasplante de las plántulas de arroz desde el almacigo afecta el número de macollos/planta, mostrando que esta variable incrementa hasta los 45 y 60 días según la variedad de arroz. La relación más

sobresaliente entre estas variables se observa en los tratamientos T₄, donde se empleó la variedad “Hp102 FL el valor” y las plántulas fueron trasplantadas a los 30 días después de la siembra en el almácigo, registrando un valor de R² notablemente alto de 0,9996. Este resultado subraya la precisión del modelo cuadrático en este escenario específico, reforzando la idea de que el momento de trasplante tiene un impacto significativo en el desarrollo de macollos por planta. Estos hallazgos sugieren que la variedad “Hp102 FL el valor” trasplantado a los 20 días después de la siembra podría ser especialmente propicia para maximizar el número de macollos por planta en el cultivo de arroz.

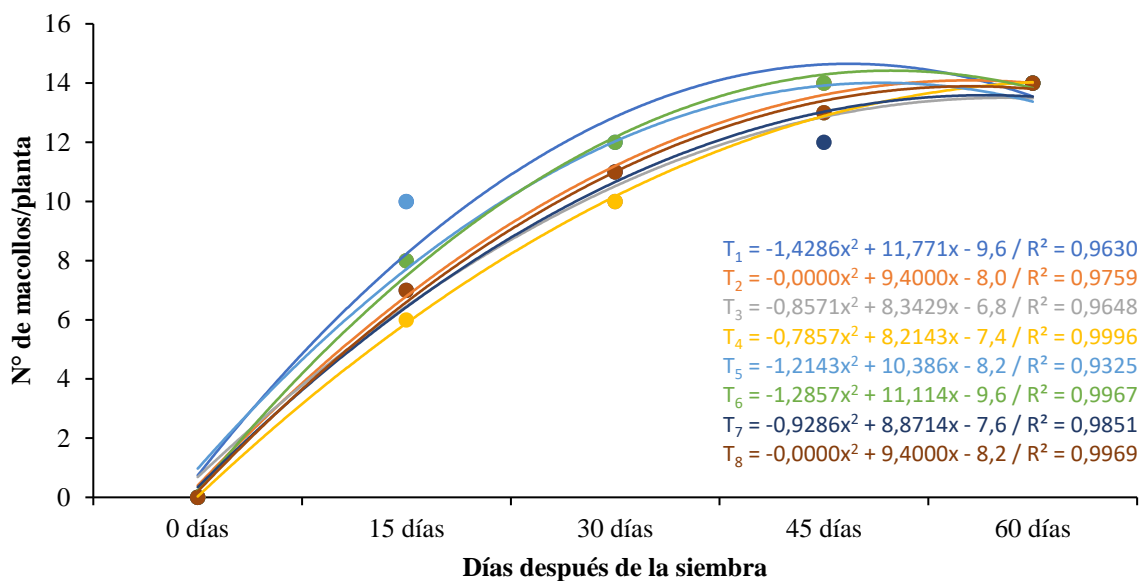


Figura 6. Ecuación polinómica de la dispersión de número de macollos del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” evaluado a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante

El análisis de varianza, llevado a cabo con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, en relación al número de macollos/planta de las dos variedades de arroz (Fedearroz 60 y Hp102 FL el valor) trasplantadas en cuatro fechas diferentes (15, 20, 25 y 30 días de siembra) (Tabla 6), indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los bloques. Esta falta de diferencias se atribuye al hecho de que el valor de probabilidad supera el nivel de significancia establecido ($p > 0,05$), indicando que todos los bloques muestran un comportamiento similar. No obstante, se destacan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, ya que el valor de probabilidad es menor al nivel de significancia establecido ($p < 0,05$). Esta observación sugiere que al menos uno de los tratamientos difiere de los demás en términos del número de

macollos/planta. El coeficiente de variación (CV) fue 5,41 %, y de acuerdo con la referencia de Pimentel (1985), citada por Gordón y Camargo (2015), los resultados de las evaluaciones sobre el número de macollos por planta presentan una baja variación, ya que el CV es inferior al 10 %. Este bajo CV refleja la consistencia en las mediciones y respalda la confiabilidad de los datos recopilados sobre el número de macollos por planta en las diferentes fechas de trasplante.

Tabla 6. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para número de macollos por planta, evaluado a los 60 días después del trasplante

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	p-valor
Bloques	3	1,63	0,54	0,92	0,4486
Tratamiento	7	10,88	1,55	2,64	0,0402
Error experimental	21	12,38	0,59		
Total	31	24,88			
CV(%)	5,41				

Tabla 7. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para número de macollos por planta, evaluado a los 60 días después del trasplante (Media \pm error estándar).

Tratamientos	Número de macollos/golpe	Sig.
T ₆ Fedearroz 60 + 20 dds	15,25 \pm 0,38	a
T ₁ Hp102 FL el valor + 15 dds	14,75 \pm 0,38	b
T ₅ Fedearroz 60 + 15 dds	14,50 \pm 0,38	b
T ₂ Hp102 FL el valor + 20 dds	14,25 \pm 0,38	b
T ₈ Fedearroz 60 + 30 dds	14,00 \pm 0,38	b
T ₇ Fedearroz 60 + 25 dds	13,75 \pm 0,38	b
T ₄ Hp102 FL el valor + 30 dds	13,50 \pm 0,38	b
T ₃ Hp102 FL el valor + 25 dds	13,50 \pm 0,38	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Al examinar la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) (Tabla 7), se destaca que el tratamiento T₆ (Fedearroz 60 + 20 dds) exhibe un número significativamente mayor de macollos/planta, con un promedio de 15,25 macollos, este tratamiento se diferencia estadísticamente de los demás, mientras que los demás tratamientos se presentan con la misma cantidad de macollos/plantas estadísticamente, con promedios de 13 y 15 macollos/planta, respecto Pinazo (2017) manifiesta que las plántulas jóvenes poseen un potencial significativo para la formación de macollos, lo cual incide directamente en el rendimiento del cultivo, es decir, este rendimiento guarda una estrecha relación con el número de macollos y el peso de las panojas. El autor también ostenta que el proceso de macollamiento, es una característica distintiva de las plantas de arroz, estas se ven influenciados por condiciones ambientales y factores genéticos. La capacidad de macollamiento puede variar notablemente según las

variedades de arroz, lo que subraya la importancia de la elección de la variedad y el momento de trasplante en la gestación de macollos y, en última instancia, en el rendimiento del cultivo (Sasaki y Birch, 2000; Zhang et al., 2009).

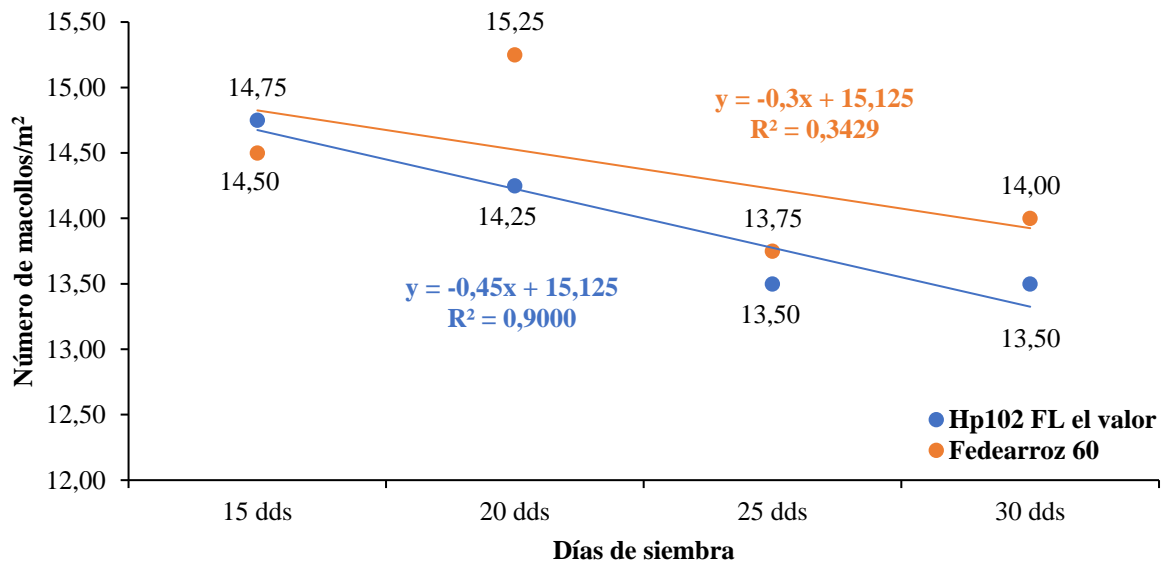


Figura 7. Líneas de tendencia del número de macollos del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” trasplantado a los 15, 20, 25 y 30 días después de la germinación.

El análisis detallado de la Figura 7 revela una convergencia en las cifras del número de macollos/planta entre las dos variedades de arroz evaluadas, se reafirma la tendencia que sugiere que las plántulas presentan un mayor número de macollos cuando son trasplantadas a una edad más temprana, este hallazgo refuerza la importancia crítica del tiempo de trasplante en la formación de macollos en las plantas de arroz. Significa que las plántulas trasplantadas a una edad temprana muestran condiciones más propicias para el desarrollo de macollos señala una relación directa entre la fase inicial del crecimiento y la capacidad de generación de macollos. Esta asociación podría estar vinculada a una mayor vitalidad y vigor que caracterizan a las plántulas trasplantadas en etapas tempranas, significa que al trasplantar a mayor edad, se identifica una disminución en el número de macollos cuando las plántulas permanecen más tiempo en el almácigo antes de ser trasplantadas al campo. Durante las primeras etapas de crecimiento, cuando las plántulas están estableciendo su sistema radicular y luchando por el acceso al agua y los nutrientes, al momento del trasplante se rompen las raíces y las plantas sufren estrés porque ya están en una edad de mayor requerimiento nutricional, como

consecuencia es que el proceso de macollamiento puede verse perjudicado, lo que reduce el número de tallos productivos y, en última instancia, el rendimiento de la cosecha, es por ellos que es crucial manejar de manera efectiva los recursos disponibles en el almácigo y seleccionar la edad adecuada para el trasplante, debido que a menor tiempo que las plantas permanezcan en el almacigo menor será el estrés ya que las plantas son más tolerantes a las condiciones estresantes (Sasaki y Birch, 2000; Zhang et al., 2009).

Los factores como el tiempo de trasplante y el número de macollos/planta presenta implicaciones significativas para la optimización de las prácticas de cultivo, la capacidad de planificar de manera más precisa el momento de trasplante, teniendo en cuenta el desarrollo óptimo de macollos, puede ser motivo para mejorar el rendimiento del cultivo de arroz, estos resultados respaldan la importancia de la gestión del tiempo de trasplante como una estrategia clave en la mejora de la productividad del cultivo de arroz (Liu et al., 2010; Wang et al., 2011). Además del tiempo de trasplante, otros factores como la selección de variedades de arroz y la gestión de los recursos disponibles pueden tener un efecto significativo en el número de macollos, es probable que algunas variedades de arroz son más tolerantes a las condiciones estresantes puede ayudar a mantener un número adecuado de macollos, también es importante la gestión eficaz de los recursos disponibles en el almácigo, como el agua y los nutrientes, puede ser crucial para prevenir la competencia entre las plántulas y promover la formación de macollos al momento del trasplante, en conjunto, estos factores subrayan la importancia de una planificación y gestión cuidadosas del cultivo de arroz para optimizar el número de macollos/planta (Sasaki y Birch, 2000; Zhang et al., 2009).

4.3. Número de panojas por metro cuadrado

En relación al número de panojas/m² en dos variedades de arroz, “Fedearroz 60” y “Hp102 FL el valor”, trasplantadas a los 15, 20, 25 y 30 días después de la siembra (Tabla 8), el análisis de varianza, realizado con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, revela diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio, este resultado se debe a que el valor de probabilidad es inferior al umbral establecido ($p < 0,05$), indicando que al menos un tratamiento difiere en términos del número de panojas en comparación con los demás. En lo que respecta a los bloques, no se observan diferencias estadísticas significativas, ya que el valor de probabilidad supera el nivel de significancia establecido ($p > 0,05$).

Cabe destacar que el coeficiente de variación (CV) fue 2,68 %, denotando una baja homogeneidad en la recopilación de datos en el experimento. Esta consistencia en las mediciones respalda la fiabilidad de los resultados, este bajo valor de CV concuerda con lo

señalado por Pimentel (1985), citado por Gordón y Camargo (2015), quien señala que, en ensayos agrícolas de campo, los CV se consideran bajos cuando están por debajo del 10 %. Esta baja variabilidad fortalece la confianza en la precisión de los datos recopilados sobre el número de panojas/m², proporcionando una base sólida para la interpretación de los resultados.

Tabla 8. Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) para número de panojas por metro cuadrado, evaluado a los 90 días después del trasplante

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal	P-valor
Bloque	3	253,13	84,38	1,17	0,3434
Tratamiento	7	5159,38	737,05	10,25	<0,0001
Error experimental	21	1509,38	71,88		
Total	31	6921,88			
CV (%)		2,68			

Debido a la presencia de diferencias significativas entre los tratamientos, se procedió a realizar la prueba de Duncan con un nivel de significancia de $\alpha = 0,5$ (Tabla 9). Los resultados de esta prueba revelaron la existencia de tres grupos distintos de tratamientos en términos del número de panojas/m², los tratamientos T₁ (Hp102 FL el valor + 15 dds) y T₂ (Hp102 FL el valor + 20 dds) destacaron al lograr el mayor número de panojas/m², desde una perspectiva estadística, se consideran equivalentes entre sí, sin embargo, difieren significativamente de los tratamientos T₅, T₃, T₇, T₄, T₆ y T₈, los cuales presentaron un menor número de panojas/m². Además de estas observaciones, se identificó que los tratamientos T₅, T₃, T₇, T₄ y T₆ exhibieron similitud estadística, pero diferentes al tratamiento T₈, tratamiento que mostró la menor cantidad de panojas/m² en comparación con los demás tratamientos. La significativa disparidad estadística observada en el número de panojas/m², resalta la importancia crítica de la variabilidad asociada con los diferentes momentos de trasplante en el cultivo de arroz, estos resultados son coherentes con las investigaciones de Wang et al. (2018) y Zhang et al. (2020), quienes manifiestan que la influencia directa del tiempo de trasplante influye en la productividad del arroz y por ende en el número de panojas. Nuestro estudio agrega una perspectiva valiosa al revelar no solo las claras diferencias en el número de panojas entre los distintos tratamientos, sino también al identificar momentos de trasplante más propicios para maximizar la formación de panojas/m², según Chen et al. (2017) y Li et al. (2019), han destacado la relevancia de la sincronización adecuada del trasplante con las condiciones climáticas y el desarrollo de la planta para optimizar la producción de panojas, nuestro estudio proporciona evidencia que la elección del momento adecuado para el trasplante puede tener un

impacto significativo en la formación de panojas, debido que se evidencio diferencias en número de panojas en las diferentes fechas de trasplante, teniendo mejores resultados en menor tiempo de trasplante. Los resultados contribuyen al conocimiento existente al ofrecer una visión más detallada y específica sobre cómo la gestión del tiempo de trasplante puede ser una herramienta clave para mejorar la producción de arroz.

Tabla 9. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para número de panojas por metro cuadrado, evaluado a los 90 días después del trasplante (Media \pm error estándar)

Tratamientos	Número de panojas/m ²		Sig.
T ₁ Hp102 FL el valor + 15 ddv	337,50	$\pm 4,24$	a
T ₂ Hp102 FL el valor + 20 ddv	332,50	$\pm 4,24$	a
T ₅ Fedearroz 60 + 15 ddv	317,50	$\pm 4,24$	b
T ₃ Hp102 FL el valor + 25 ddv	316,25	$\pm 4,24$	b
T ₇ Fedearroz 60 + 25 ddv	312,50	$\pm 4,24$	b
T ₄ Hp102 FL el valor + 30 ddv	312,50	$\pm 4,24$	b
T ₆ Fedearroz 60 + 20 ddv	310,00	$\pm 4,24$	b
T ₈ Fedearroz 60 + 30 ddv	293,75	$\pm 4,24$	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

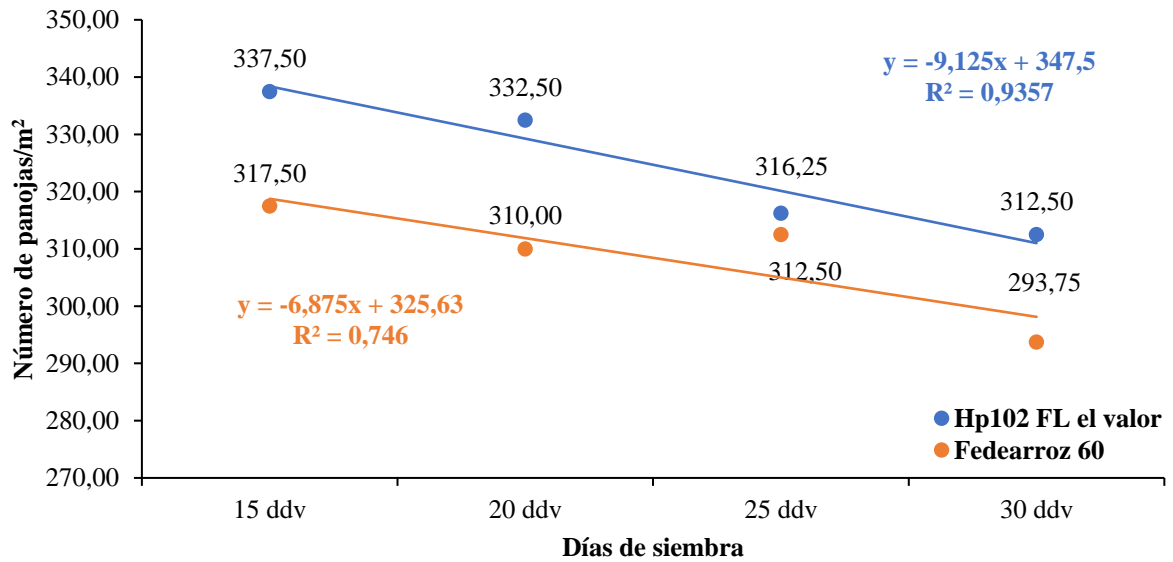


Figura 8. Línea de dispersión del número de panojas del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” trasplantado a los 15, 20, 25 y 30 días después de la germinación.

Al analizar los resultados presentados en la Figura 7, se observa que, en términos generales, la variedad “Hp102 FL el valor” exhibe un mayor número de panojas/m², con una

relación del 93,57 %, en comparación con la variedad “Fedearroz 60”, que presenta un menor número de panojas y una relación del 74,60 %, ambas variedades muestran un aumento en el número de panojas/m² cuando se realiza el trasplante a los 15 días después de la siembra, con valores promedio de 337,50 y 317,50 panojas/m², asimismo, el menor número de panojas/m² se registra en las plantas trasplantadas a los 30 días después del almacigo. Estos resultados indican claramente que a medida que se prolonga el tiempo de permanencia de las plántulas en el almacigo, se reduce el número de panojas/m², es decir, existe un efecto negativo asociado a un mayor tiempo de trasplante, sugiriendo que el momento óptimo para el trasplante, al menos en términos de producción de panojas, es a los 15 días después de realizado el almacigo.

Este hallazgo coincide con la investigación realizada por García (2010), quien evaluó el rendimiento del arroz al variar el número de plantas/golpe en tres momentos diferentes de trasplante, sus resultados indicaron que el grupo de control, que implicaba el trasplante a los 22 días después de la siembra utilizando tres plantas/golpe, mostró el número más bajo de panojas. Este resultado respalda la idea de que un trasplante más temprano, en conjunto con una densidad de plantas adecuada, favorece una mayor producción de panojas/m², resultados que proporcionan orientación valiosa para optimizar el rendimiento del cultivo al planificar el momento óptimo de trasplante.

4.4. Longitud de panoja

El análisis de varianza realizado con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ para evaluar la longitud de las panículas en dos variedades de arroz (Hp102 FL el valor y Fedearroz 60), trasplantadas en cuatro fechas diferentes (15, 20, 25 y 30 días) (Tabla 10), arroja resultados reveladores, en primer lugar, no se observan diferencias estadísticas significativas entre los bloques, ya que el valor de probabilidad es superior al nivel establecido ($p > 0,05$), esto indica que todos los bloques mantienen un comportamiento similar y homogéneo en cuanto a la longitud de las panículas. Por otro lado, se evidencian diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, debido que el valor de probabilidad es inferior al nivel establecido ($p < 0,05$), sugiriendo que al menos uno de los tratamientos difiere de los demás en términos de longitud de panículas.

El coeficiente de variación (CV) fue 1,68 %, considerado bajo, Pimentel (1985), citado por Gordón y Camargo (2015), refiere que un bajo valor de CV indica una notoria homogeneidad en las variables estudiadas, es decir, las mediciones de longitud de las panículas muestran baja dispersión. Los resultados sugieren que las mediciones de longitud de las panículas se llevaron a cabo de manera consistente y homogénea en el estudio, brindando

robustez a las conclusiones derivadas de la investigación, lo cual respaldan la confiabilidad de los datos recopilados y fortalecen la validez de las conclusiones extraídas.

Tabla 10. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para longitud de panojas, evaluado a los 90 días después del trasplante

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	p-valor
Bloques	3	0,92	0,31	1,80	0,1787
Tratamientos	7	7,88	1,13	6,58	0,0003
Error experimental	21	3,59	0,17		
Total	31	12,39			
CV (%)	1,68				

Tabla 11. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para longitud de panojas, evaluado a los 90 días después del trasplante (Media \pm error estándar).

Tratamientos	Longitud de panojas (cm)	Sig.
T ₁ Hp102 FL el valor + 15 dds	25,66 \pm 0,21	a
T ₂ Hp102 FL el valor + 20 dds	25,17 \pm 0,21	b
T ₇ Fedearroz 60 + 25 dds	24,81 \pm 0,21	b
T ₅ Fedearroz 60 + 15 dds	24,62 \pm 0,21	b
T ₃ Hp102 FL el valor + 25 dds	24,48 \pm 0,21	b
T ₄ Hp102 FL el valor + 30 dds	24,35 \pm 0,21	b
T ₆ Fedearroz 60 + 20 dds	24,28 \pm 0,21	b
T ₈ Fedearroz 60 + 30 dds	24,02 \pm 0,21	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Al detectar diferencias estadísticas entre los tratamientos, se vuelve esencial llevar a cabo la prueba de comparación de Duncan ($\alpha = 0,5$) con el objetivo de identificar el tratamiento que presente significancia (Tabla 11), se destaca que el tratamiento T₁ (Hp102 FL el valor + 15 dds) alcanzó la mayor longitud de panículas, con un valor promedio de 25,66 cm, y difiere significativamente de los demás tratamientos, además, se observa que los tratamientos restantes muestran igualdad estadística entre sí, con longitudes promedio que oscilan entre 25,17 y 24,02 cm, este resultado resalta la eficacia del tratamiento T₁ en promover una mayor longitud de panículas en comparación con las demás condiciones evaluadas, confirmando que a menor tiempo de trasplante mayor efecto en la longitud de panojas, lo cual conllevará a un mayor rendimiento del cultivo de arroz, además, la igualdad estadística entre los otros tratamientos sugiere que, aunque presenten diferencias numéricas en la longitud de las panículas, estas diferencias no son lo suficientemente significativas como para establecer distinciones estadísticas entre ellos.

Estos descubrimientos ofrecen una visión valiosa sobre la influencia de los distintos momentos de trasplante en la longitud de las panículas, un aspecto crítico para las decisiones en la gestión agrícola del cultivo de arroz, además, destaca la importancia de tener en cuenta las variaciones entre las distintas variedades del cultivo, incluso cuando se trasplantan en el mismo período. Estos resultados brindarán la posibilidad de seleccionar estratégicamente los momentos de trasplante que maximizan la longitud de las panículas y, por ende, promueven un rendimiento óptimo en el cultivo de arroz.

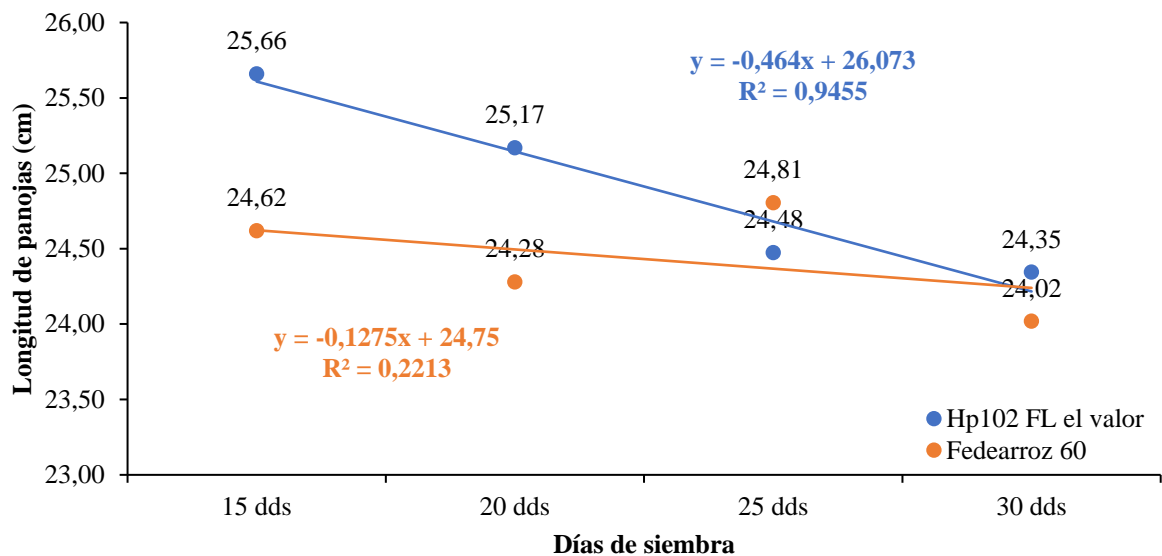


Figura 9. Línea de tendencia de la longitud de panojas del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” trasplantado a los 15, 20, 25 y 30 días después de la germinación.

En la Figura 9, se observa claramente que la variedad "Hp102 FL el valor" presenta una longitud de panícula superior en comparación con la variedad "Fedearroz 60", con una diferencia del 94,55 y 22,13 %, además, cabe resaltar que las longitudes más destacadas se registran en las plantas trasplantadas a los 15 días después de la siembra, estos resultados respaldan la presencia de un efecto positivo asociado al tiempo de trasplante posterior al almacigo. La disparidad en las longitudes de las panículas entre ambas variedades puede atribuirse a sus características genéticas particulares, de modo que la variedad "Hp102 FL el valor", al ser genéticamente modificada, podría exhibir rasgos que propician un mayor desarrollo de las panículas en comparación con la variedad "Fedearroz 60", este impacto positivo del trasplante a los 15 días después de la siembra subraya la importancia crítica de elegir el momento adecuado para llevar a cabo esta operación de trasplante. Se sugiere que la

sensibilidad a los días de trasplante después del almacigo, está relacionada con la fisiología de las plántulas, abarcando aspectos como la aparición de brotes, el desarrollo de macollos y el número de hojas, entre otros factores, este conocimiento más profundo sobre la influencia del tiempo de trasplante en la longitud de las panículas contribuye de manera significativa a mejorar la toma de decisiones en la gestión del cultivo de arroz, permitiendo así maximizar tanto el rendimiento como la calidad de la cosecha

4.5. De la cosecha

4.5.1. Número de granos por panoja

El análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) llevado a cabo para evaluar el número de granos en las dos variedades de arroz (Hp102 FL el valor y Fedearroz 60), trasplantadas en diferentes momentos después del almacigo (Tabla 12), revela la presencia de diferencias significativas tanto en los bloques como en los tratamientos, esto se confirma debido a que el valor de probabilidad es inferior al nivel establecido ($p < 0,05$), indicando que al menos un bloque y un tratamiento difieren estadísticamente de los demás. El coeficiente de variación, fue 2,31 %, según Gordón y Camargo (2015), este valor se considera bajo, esta baja variabilidad sugiere que las mediciones realizadas en relación al número de granos/panoja mantuvieron una notable homogeneidad a lo largo del experimento. Los resultados señalan que las mediciones del número de granos/panoja fueron consistentes y homogéneas durante todo el estudio.

Tabla 12. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para número de granos por panoja, evaluados a los 150 días después del trasplante.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	p-valor
Bloques	3	179,59	59,86	6,86	0,0021
Tratamientos	7	147,97	107,14	12,28	<0,0001
Error experimental	21	183,16	8,72		
Total	31	1112,72			
CV (%)		2,31			

El análisis de varianza general revela la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, lo que motivó la realización de pruebas de comparación de medias mediante Duncan ($\alpha = 0,05$) (Tabla 13), se determinó a los tratamientos T₅ (Fedearroz 60 + 15 dds), T₆ (Fedearroz 60 + 20 dds), T₂ (Hp102 FL el valor + 20 dds) y T₁ (Hp102 FL el valor + 15 dds), iguales estadísticamente y exhibieron el mayor número de granos de arroz/panoja, asimismo, difieren significativamente de los demás tratamientos, los cuales presentan el menor número de granos/panoja y son las plantas que se trasplantaron a los 25 y

30 días después del almacigo, es decir, las diferencias en el número de granos/panoja están en función al tiempo que las plantas permanecen en el almacigo y trasplante. Estas variaciones se destacan a la complejidad de la respuesta fisiológica del cultivo de arroz a factores como el momento de trasplante, según Xie et al. (2019) y Wang et al. (2020), respaldan que el momento óptimo de trasplante impacta directamente en la formación y desarrollo de los granos en el arroz, en conjunto con las respuestas fisiológicas del cultivo, subraya la importancia crítica de una gestión cuidadosa durante el proceso de trasplante (Ruiz-Sánchez et al., 2016). Estos hallazgos proporcionan una base sólida para la toma de decisiones estratégicas en la gestión del cultivo de arroz (FAO, 2012), al considerar tanto los resultados del estudio como las respuestas fisiológicas documentadas, los agricultores tienen la oportunidad de seleccionar estrategias de trasplante más informadas, estas estrategias no solo buscarán maximizar la productividad, sino también mejorar de manera significativa el rendimiento global del cultivo de arroz, abordando aspectos de biología y desarrollo (Khush, 2013).

Tabla 13. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para número de granos por panoja, evaluado a los 150 días después del trasplante (Media \pm error estándar).

Tratamientos	Número de granos/panoja	Sig.
T ₅ Fedearroz 60 + 15 dds	146,00 \pm 1,48	a
T ₆ Fedearroz 60 + 20 dds	141,25 \pm 1,48	a
T ₂ Hp102 FL el valor + 20 dds	139,75 \pm 1,48	a
T ₁ Hp102 FL el valor + 15 dds	138,75 \pm 1,48	a
T ₇ Fedearroz 60 + 25 dds	131,50 \pm 1,48	b
T ₃ Hp102 FL el valor + 25 dds	131,25 \pm 1,48	b
T ₈ Fedearroz 60 + 30 dds	128,50 \pm 1,48	b
T ₄ Hp102 FL el valor + 30 dds	126,25 \pm 1,48	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la Figura 10, se evidencia un mayor número de granos/panoja cuando las plantas permanecen menos tiempo en almacigo, es decir, a medida que aumenta el tiempo de permanencia de las plantas en el almacigo, se observa una disminución en el número de granos por panoja, asimismo, se determinó a la variedad “Fedearroz 60” con el mayor número de granos/panoja, con una relación del 96,19 %, mientras que la variedad “Hp102 FL el valor” presenta una relación del 85,84 %, instalado a los 15 días después del almacigo, al respecto Rodríguez (2017), menciona que el número de granos en una panoja tiende a variar según la longitud de la misma, oscilando generalmente entre 50 y 500 granos, el autor también menciona que el número de granos puede variar según la variedad de arroz y además en la mayoría de las

variedades, se encuentra en un rango de 100 a 150 granos/panoja, lo que coincide con los resultados obtenidos en este experimento. Los hallazgos indican que se logra un mayor número de granos por panoja al trasplantar las plántulas entre los 15 a 20 días después del almacigo, mientras que mantenerlas en el almacén durante más tiempo resulta en un menor número de granos/panoja en ambas variedades. Los resultados muestran a la variedad “Fedearroz 60” con mayor número de granos/panoja en comparación con la variedad “Hp102 FL el valor”. Por lo tanto, es crucial para el rendimiento del cultivo de arroz tener en cuenta el momento del trasplante, debido que el número de granos/panoja, puede estar directamente influenciada por el momento del trasplante, lo cual tiene un impacto en procesos fisiológicos esenciales, como la formación y desarrollo de los granos manifiestan Valdivieso y Vera, (2018). El momento óptimo de trasplante es esencial para alinear los eventos fisiológicos del cultivo con las condiciones ambientales favorables, tales como la disponibilidad de nutrientes, luz solar y temperatura, al ajustar las estrategias de trasplante basándose en la información proporcionada, lo cual podrían optimizar las condiciones fisiológicas del cultivo, esto podría resultar en una mejora en la producción de granos por panoja y, en última instancia, un rendimiento más alto en la producción general de arroz (García, 2013).

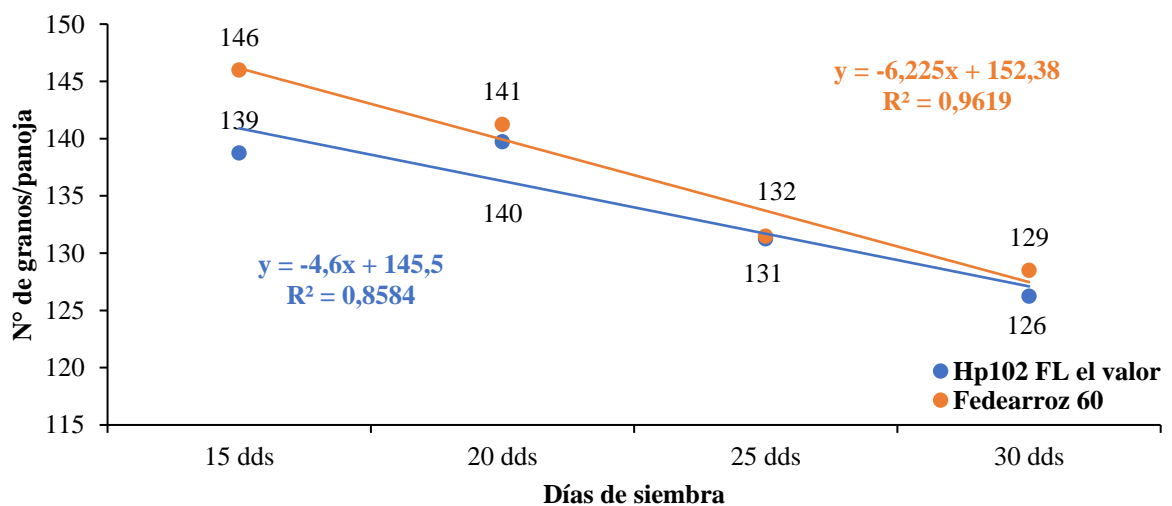


Figura 10. Líneas de tendencia del número de granos por panoja del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” trasplantado a los 15, 20, 25 y 30 días después de la germinación.

4.5.2. Peso de 1000 semillas

En cuanto al peso de 1000 semillas en el cultivo de arroz, se realizó un análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para las dos variedades de arroz (Hp102 FL el valor y Fedearroz

60) trasplantadas en diferentes etapas del crecimiento de las plántulas en el almacigo (Tabla 14), se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, ya que el valor de probabilidad es menor al nivel establecido ($p < 0,05$), esto indica que al menos uno de los tratamientos del estudio es estadísticamente diferente en términos del peso de 1 000 semillas de arroz, a diferencia de los bloques no se observan diferencias estadísticas, ya que el valor de probabilidad es mayor al nivel establecido ($p > 0,05$). El coeficiente de variación (CV) fue 2,35 %, y según la referencia de Pimentel (1985), citada por Gordón y Camargo (2015), este valor se considera bajo, por lo tanto, los resultados de las evaluaciones en relación al peso de 1 000 semillas de arroz muestran una baja dispersión en los datos obtenidos durante el experimento. Esta baja variabilidad indica una consistencia en las mediciones de peso de las semillas, lo cual fortalece la confiabilidad de los resultados obtenidos, estos hallazgos proporcionan una base sólida para las conclusiones derivadas del estudio, respaldando la validez de las diferencias encontradas entre los tratamientos en cuanto al peso de 1 000 semillas de arroz.

Tabla 14. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para peso de 1000 semillas, realizado después de la cosecha

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	p-valor
Bloques	3	1,21	0,40	2,00	0,1446
Tratamientos	7	5,35	0,76	3,81	0,008
Error experimental	21	4,22	0,20		
Total	31	10,78			
CV (%)		2,35			

Tabla 15. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para peso de 1000 semillas, realizado después de la cosecha (Media \pm error estándar).

Tratamientos	Peso de 1000 semillas (g)	Sig.
T ₅ Fedearroz 60 + 15 dds	19,73 \pm 0,22	a
T ₁ Hp102 FL el valor + 15 dds	19,70 \pm 0,22	a
T ₂ Hp102 FL el valor + 20 dds	18,98 \pm 0,22	b
T ₆ Fedearroz 60 + 20 dds	18,95 \pm 0,22	b
T ₇ Fedearroz 60 + 25 dds	18,85 \pm 0,22	b
T ₈ Fedearroz 60 + 30 dds	18,85 \pm 0,22	b
T ₃ Hp102 FL el valor + 25 dds	18,80 \pm 0,22	b
T ₄ Hp102 FL el valor + 30 dds	18,50 \pm 0,22	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Al examinar los resultados de la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) en relación al peso de 1000 semillas en dos variedades y cuatro edades de plantas en almacigo (Tabla 15), se

identifican claramente dos grupos definidos de respuesta, los tratamientos T₅ (Fedearroz 60 + 15 dds) y T₁ (Hp102 FL el valor + 15 dds) exhiben el mayor peso de 1 000 semillas de arroz, con pesos promedios de 19,73 y 19,70, estadísticamente, estos tratamientos son iguales y al mismo tiempo, difieren significativamente de los demás tratamientos. La observación de este patrón reafirma el efecto positivo del trasplante a un menor tiempo después del almacigo. Cuando el trasplante se realiza con un mayor tiempo de permanencia en el almacigo, se observa una afectación en su fisiología, reflejada en un menor peso de las semillas, aunque, Pinazo (2017) sostiene que el peso de mil granos no se ve afectado por el método de establecimiento del cultivo, sino más bien influenciado por la variedad, se destaca que el peso de mil granos se determina durante el proceso de llenado del grano y requiere una alta exposición a la radiación solar y un suministro adecuado de nutrientes. Por esta razón es importante señalar que, el trasplante a los 15 días después del almacigo, los granos tienden a tener un mayor peso, los resultados sugieren la relevancia de un oportuno trasplante para asegurar un peso óptimo de las semillas, resaltando la interacción compleja entre el momento de trasplante, la variedad y las condiciones ambientales en la determinación del peso de 1 000 semillas en el cultivo de arroz.

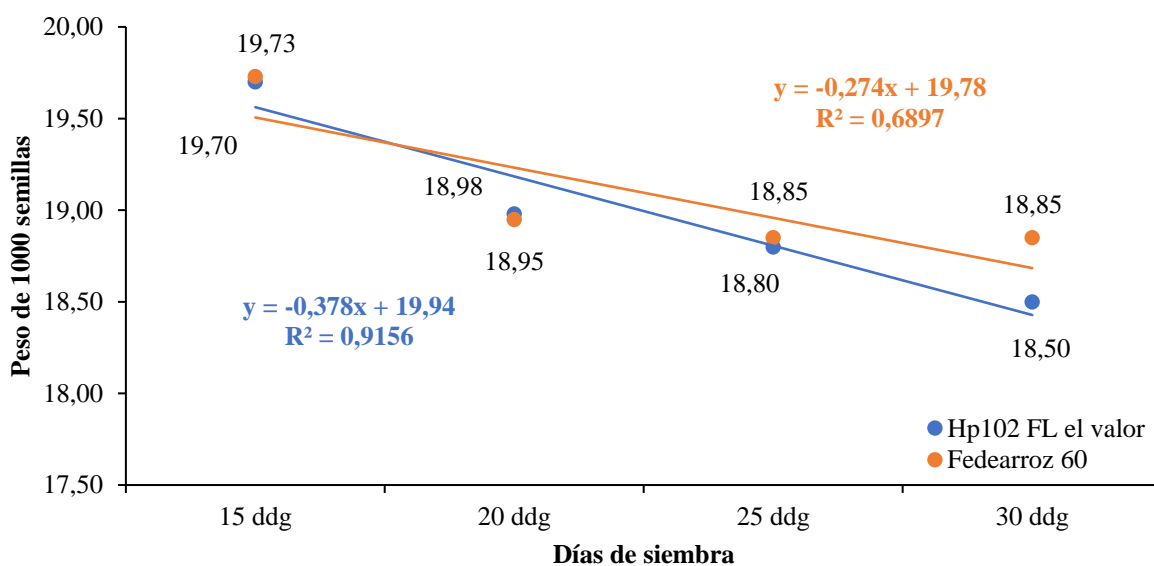


Figura 11. Línea de tendencia del peso de 1000 semillas del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” trasplantado a los 15, 20, 25 y 30 días después de la germinación.

Los resultados de la Figura 11, se aprecia que las variaciones en el peso de 1000 semillas entre las dos variedades son similares, sin embargo, se confirman las notables

diferencias en relación al efecto del tiempo que las plántulas pasan en el almácigo. La variedad “Fedearroz 60” exhibe una relación del 68,97 %, mientras que la variedad “Hp102 FL el valor” muestra una relación más elevada del 91,56 %. Este resultado sugiere que el tiempo de permanencia en el almácigo tiene un impacto significativo en el peso de las semillas, y esta influencia puede variar según la variedad. La observación de que el trasplante a los 15 días después de la siembra resulta en un mayor peso de las semillas refuerza la importancia de la gestión adecuada del tiempo de trasplante. No obstante, es necesario considerar que, si bien esto puede conducir a semillas más grandes, también podría tener implicaciones en términos de otros atributos de calidad. En este contexto, es plausible sugerir que el tamaño de las semillas puede estar correlacionado con otros aspectos importantes del rendimiento del cultivo, como la tasa de germinación o la vigorosidad de las plántulas. Sería valioso realizar investigaciones adicionales para explorar estas posibles relaciones y comprender completamente las implicaciones prácticas de las variaciones en el tiempo de trasplante en el cultivo de arroz.

4.6. Rendimiento de arroz en cáscara

El minucioso análisis de la variabilidad en el rendimiento del cultivo de arroz, realizado a través del examen detallado del análisis de varianza, ha puesto de manifiesto diferencias estadísticas significativas tanto en los bloques como en los tratamientos. Esto adquiere mayor relevancia al considerar las dos variedades de arroz, “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60”, trasplantadas en distintas edades de las plántulas en el almácigo (15, 20, 25 y 30 días después de la siembra). Estos resultados subrayan la complejidad de la interacción entre la elección de la variedad de arroz y el momento específico de trasplante, ambos factores que desempeñan un papel crucial en la determinación del rendimiento del cultivo.

Es notable la homogeneidad registrada en las mediciones de rendimiento, como lo indica el bajo coeficiente de variación, que se sitúa en un 3,65 %. Este indicador refleja una consistencia notoria en los datos de rendimiento obtenidos para ambas variedades en las diversas condiciones de trasplante evaluadas. La estabilidad en las mediciones fortalece la confiabilidad de los resultados y sugiere que las variaciones observadas en el rendimiento del cultivo están más vinculadas a las diferencias sustanciales en las estrategias de manejo agrícola, como la elección del tiempo de trasplante y la variedad seleccionada, que a la variabilidad inherente a las mediciones en sí.

Estos hallazgos ponen de relieve la importancia de abordar la toma de decisiones agronómicas considerando la interacción dinámica entre la elección de la variedad y el momento específico de trasplante. Además, la consistencia en las mediciones proporciona una

base sólida para la formulación de estrategias de manejo del cultivo, permitiendo a los agricultores optimizar el rendimiento del arroz mediante decisiones informadas y adaptadas a las condiciones específicas del cultivo.

Tabla 16. Análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) para rendimiento del cultivo de arroz

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	p-valor
Bloques	3	1,38	0,46	5,77	0,0049
Tratamientos	7	14,09	2,01	25,23	<0,0001
Error experimental	21	1,68	0,08		
Total	31	17,14			
CV (%)		3,65			

Este hallazgo refuerza la consistencia de las mediciones y proporciona robustez a las conclusiones derivadas del estudio, contribuyendo a la confiabilidad de los resultados obtenidos. Sin embargo, para una comprensión más completa, sería beneficioso explorar cómo estas diferencias en el rendimiento se traducen en términos de características específicas del cultivo, como la cantidad y calidad de los granos, así como otros indicadores relevantes para la productividad agrícola. Investigaciones adicionales podrían abordar estos aspectos específicos y brindar información más detallada sobre cómo factores como la variedad y el momento de trasplante interactúan para influir en el rendimiento general del cultivo de arroz.

El análisis exhaustivo de los resultados, destacando las diferencias estadísticas en los tratamientos según la evaluación general, condujo a la realización de una prueba de comparación de medias de los tratamientos para discernir cuál presenta el mayor rendimiento (Tabla 17). La clasificación revela tres grupos bien definidos. Los tratamientos líderes en rendimiento son el T₁ (Hp102 FL el valor) trasplantado a los 15 días después de la siembra, el T₅ (Fedearroz 60) trasplantado a los 15 días después de la siembra y el T₂ (Hp102 FL el valor) trasplantado a los 20 días después de la siembra, con valores de 8,75, 8,45 y 8,31 t/ha, respectivamente. Estadísticamente, estos tratamientos son iguales entre sí pero difieren significativamente de los demás tratamientos.

En el segundo grupo se encuentran el T₆ (Fedearroz 60) trasplantado a los 20 días después de la siembra, el T₇ (Fedearroz 60) trasplantado a los 25 días después de la siembra y el T₃ (Hp102 FL el valor) trasplantado a los 25 días después de la siembra, con valores promedio de 7,74, 7,48 y 7,40 t/ha, respectivamente. Estadísticamente, estos tratamientos son iguales entre sí pero difieren significativamente de los tratamientos T₄ y T₈, estos últimos presentan el

menor rendimiento del cultivo de arroz, siendo la variedad “Fedearroz 60” (T₈) trasplantada a los 30 días después de la siembra, con un rendimiento promedio de 6,75 t/ha.

Comparando nuestros resultados con los hallazgos de Rodríguez y Lara (2020), quienes investigaron dos sistemas de riego por aspersión y gravedad en rendimiento y consumo de agua en el cultivo de arroz en Lambayeque, observamos discrepancias en los rendimientos obtenidos por la variedad “Hp102 FL el valor”. Mientras que Rodríguez y Lara (2020) reportaron rendimientos de 12,80 t/ha mediante el sistema de inundación y 10,88 t/ha mediante el sistema de aspersión, nuestra investigación indica un rendimiento de 8,75 t/ha cuando se trasplanta a los 15 días después de la siembra. Las variaciones pueden deberse a factores climáticos específicos y resaltan la importancia de considerar las condiciones ambientales al interpretar los resultados del rendimiento del cultivo.

Referencias adicionales de Degiovanni et al. (2004) y Puentes (2018) respaldan la coherencia de nuestros resultados, ya que sugieren que la variedad Fedearroz rinde en promedio 8,44 t/ha y 7,89 t/ha, respectivamente. Estos datos concuerdan con nuestros resultados experimentales, especialmente cuando se trasplantan las plántulas a los 15 días después de la siembra, lo que subraya la influencia crítica del tiempo en el rendimiento del cultivo. En conjunto, estos hallazgos respaldan la noción de que el rendimiento del cultivo de arroz está influenciado no solo por la variedad utilizada sino también por el momento específico de trasplante, la duración de las plántulas en el germinador y las condiciones ambientales. Estos factores, según los resultados de nuestro experimento, desempeñan un papel esencial en la determinación del rendimiento del cultivo, ofreciendo información valiosa para orientar decisiones agronómicas y estrategias de manejo del cultivo de arroz.

Tabla 17. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para rendimiento del cultivo de arroz (Media \pm error estándar).

Tratamientos		Rendimiento (t/ha)	Sig.
T ₁	Hp102 FL el valor + 15 dds	8,75 \pm 0,18	a
T ₅	Fedearroz 60 + 15 dds	8,45 \pm 0,18	a
T ₂	Hp102 FL el valor + 20 dds	8,31 \pm 0,18	a
T ₆	Fedearroz 60 + 20 dds	7,74 \pm 0,18	b
T ₇	Fedearroz 60 + 25 dds	7,48 \pm 0,18	b
T ₃	Hp102 FL el valor + 25 dds	7,40 \pm 0,18	b
T ₄	Hp102 FL el valor + 30 dds	7,03 \pm 0,18	c
T ₈	Fedearroz 60 + 30 dds	6,75 \pm 0,18	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

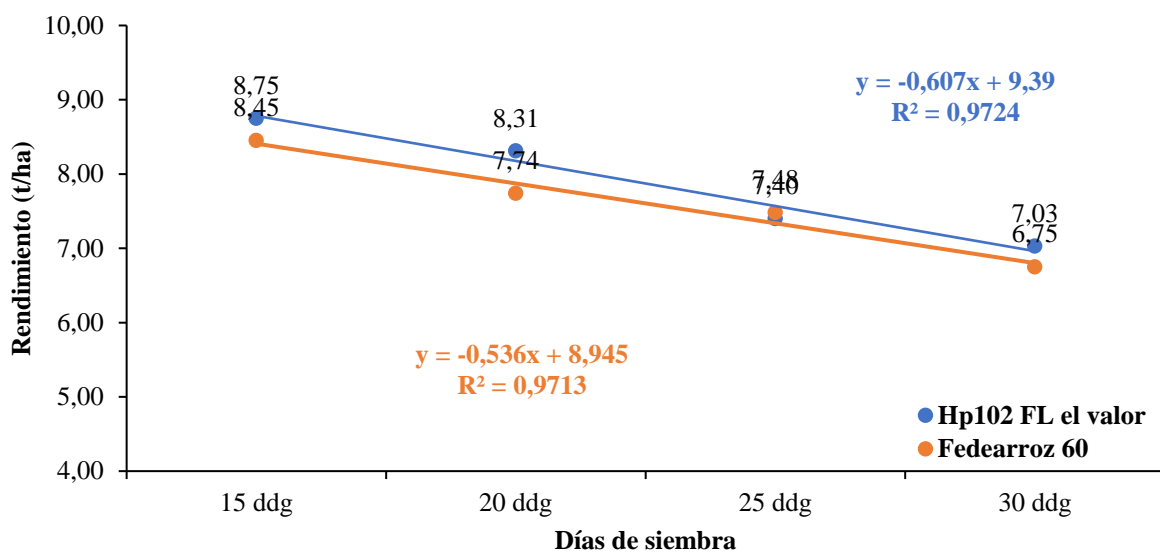


Figura 12. Línea de tendencia del rendimiento del cultivo de arroz variedad “Hp102 FL el valor” y “Fedearroz 60” trasplantado a los 15, 20, 25 y 30 días después de la germinación.

En la Figura 10, se confirman de manera contundente las diferencias entre los tratamientos, destacando la evidencia de que las plantas trasplantadas a una edad más temprana desde el almácigo al campo definitivo exhiben un rendimiento notablemente superior en el cultivo de arroz. Este fenómeno se observa de manera consistente en ambas variedades, siendo la variedad “Hp102 FL el valor” la que presenta un rendimiento de arroz superior en comparación con la variedad “Fedearroz 60”. El impacto de la edad de trasplante emerge como un factor determinante que ejerce una influencia significativa en el rendimiento del cultivo de arroz. La constatación de que el trasplante a una edad más temprana después de la siembra conduce a un mayor rendimiento refuerza la importancia de la toma de decisiones estratégicas en la gestión agrícola, específicamente en relación con el momento óptimo de trasplante.

Estos resultados encuentran respaldo en investigaciones anteriores, como el estudio de Pinedo (2014) sobre el rendimiento del arroz "La Conquista", donde el trasplante a los 16 días después de la siembra resultó en un rendimiento de 11,17 toneladas por hectárea. Asimismo, los hallazgos de Pinazo (2017), al comparar tres sistemas de trasplante, indican que el trasplante de plántulas jóvenes de 15 días de edad permite aumentar los rendimientos debido a su mayor potencial de macollamiento en comparación con las plántulas de 30 días. Estas investigaciones respaldan consistentemente nuestros resultados, subrayando la correlación positiva entre el trasplante a una edad más temprana y el incremento en el rendimiento del cultivo de arroz. En conclusión, los datos obtenidos reafirman la relevancia crítica de la elección

cuidadosa del momento de trasplante, proporcionando a los agricultores información valiosa para optimizar el rendimiento del arroz en sus campos, maximizando así la producción y contribuyendo al éxito general de la gestión agrícola.

4.7. Análisis económico

En el proceso de evaluación económica, se procedió a identificar detalladamente los gastos asociados con la producción de arroz. Para calcular los beneficios, se consideró un precio de venta de 1 sol por kg del producto final. La Tabla 18 ofrece una visión completa de la evaluación de la relación beneficio/costo (B/C) para los distintos tratamientos aplicados en el cultivo de arroz soca en una extensión de 1 ha.

De acuerdo con las evaluaciones derivadas del experimento, los tratamientos T₁ (trasplante a los 15 días después de la siembra) y T₅ (trasplante a los 15 días después de la siembra) destacaron al lograr los mayores rendimientos, con valores promedio de 8,750 y 8,450 kg/ha, respectivamente. Cabe resaltar que el índice de costo-beneficio para estos tratamientos fue de 2,49 y 2,40 soles, respectivamente, indicando una situación altamente favorable. Este índice refleja que los ingresos generados superan con creces los costos asociados al proyecto. En términos más sencillos, por cada sol invertido, se proyecta un retorno del capital invertido y una ganancia de 1,49 y 1,40 soles, respectivamente.

Estos resultados sugieren que, desde una perspectiva económica, los tratamientos T₁ y T₅ no solo son los más productivos en términos de rendimiento del cultivo de arroz, sino que también demuestran ser inversiones financieras eficientes. La toma de decisiones basada en estos hallazgos puede orientar a los agricultores hacia estrategias de cultivo más rentables, maximizando así los beneficios económicos asociados con la producción de arroz.

Tabla 18. Análisis de beneficio y costo de los tratamientos en estudio

Trat.	S./ Costo de producción/ha						Rendimiento					
	P.T	S	I	C.M	CI	C. Total (\$/ha)	Rendimiento kg/ha	I. B.	U. (\$/ha)	I. R.	B/C	
T ₁ Hp102 FL el valor + 15 dds	740	870	689	650	570	3519	8750	8750,00	5231,00	1,49	2,49	
T ₂ Hp102 FL el valor + 20 dds	740	870	689	650	570	3519	8310	8310,00	4791,00	1,36	2,36	
T ₃ Hp102 FL el valor + 25 dds	740	870	689	650	570	3519	7400	7400,00	3881,00	1,10	2,10	
T ₄ Hp102 FL el valor + 30 dds	740	870	689	650	570	3519	7030	7030,00	3511,00	1,00	2,00	
T ₅ Fedearroz 60 + 15 dds	740	870	689	650	570	3519	8450	8450,00	4931,00	1,40	2,40	
T ₆ Fedearroz 60 + 20 dds	740	870	689	650	570	3519	7740	7740,00	4221,00	1,20	2,20	
T ₇ Fedearroz 60 + 25 dds	740	870	689	650	570	3519	7480	7480,00	3961,00	1,13	2,13	
T ₈ Fedearroz 60 + 30 dds	740	870	689	650	570	3519	6750	6750,00	3231,00	0,92	1,92	

Leyenda:

- P.T. = Preparación del terreno (maquinaria y mano de obra)
 S. = Siembra
 I. = Insumos (semillas, abonos y agroquímicos)
 C.M. = Cosecha mecanizada
 C.I. = Costos indirectos (administrativos y financieros)
- I.B. = Ingreso bruto.
 U. = Utilidad
 I.R. = Índice de rentabilidad.
 B/C. = Beneficio/Costo.

V. CONCLUSIONES

1. Los mejores resultados se logran al trasplantar la variedad “Hp102 FL el valor” a los 15 días después de la siembra, con una altura de planta de 108,95 cm, el mayor número de macollos y panojas por metro cuadrado, y la longitud de panoja más extensa de 25,66 cm. En el caso de la variedad “Fedearroz 60”, su rendimiento óptimo también se logra con el trasplante a los 15 días después de la siembra, obteniendo una altura de planta de 118,31 cm y el mayor número de panojas por metro cuadrado. Trasplantar a los 20 días resulta en el mayor número de macollos por metro cuadrado, mientras que la longitud de panojas más significativa se registra a los 25 días después de la siembra, alcanzando los 24,81 cm.
2. Respecto a la cantidad de granos por panoja y el peso de 1000 semillas, la variedad “Hp102 FL el valor” logró los mejores resultados cuando se trasplantó a los 15 días después de la siembra, obteniendo 139 granos por panoja y un peso de 1000 semillas de 19,70 g. Por otro lado, la variedad “Fedearroz 60” también alcanzó el mayor número de granos por panoja (146 granos) y un peso de 1000 semillas de 19,73 g cuando se realizó el trasplante a los 15 días después de la siembra.
3. El mayor rendimiento se logró al trasplantar a los 15 días después de la siembra, con aproximadamente 8,75 toneladas por hectárea para la variedad “Hp102 FL el valor” y 8,45 toneladas por hectárea para la variedad “Fedearroz 60”.
4. En términos de rentabilidad, la variedad “Hp102 FL el valor”, cuando se trasplantó a los 15 días después de la siembra, generó un ingreso bruto de S/8 750,00, una utilidad de S/5 231,00, un índice de rentabilidad de S/1,49 y un beneficio costo. de S/2,94. La variedad “Fedearroz 60”, también trasplantada a los 15 días después de la siembra, obtuvo un ingreso bruto de S/8 450,00, una utilidad de S/4 931,00, un índice de rentabilidad de S/1,40 y un beneficio costo de S/2,40.
5. En ambos casos, por cada sol invertido se obtendrá un retorno de S/1,49 y S/1,40, respectivamente.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Llevar a cabo investigaciones adicionales para analizar los efectos del tiempo de trasplante en diferentes variedades de arroz, considerando también las fórmulas de fertilización utilizadas.
2. Realizar ensayos adicionales con el fin de profundizar en la comprensión de cómo el tiempo de trasplante, especialmente utilizando intervalos más cortos después de la siembra, impacta en el rendimiento del cultivo de arroz.
3. A raíz de los resultados destacados en nuestro estudio, promover investigaciones adicionales que evalúen el rendimiento del cultivo de arroz en diversas variedades.
4. Utilizar los hallazgos de esta investigación como base para llevar a cabo estudios comparativos de este sistema intensivo en diferentes regiones, no limitándose únicamente a la provincia de Leoncio Prado, sino extendiéndolo a otras áreas geográficas.

VII. REFERENCIAS

- Acevedo, M. A., Castrillo, W. A., Belmonte, U. C. (2006). Trabajo especial origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Trop*, 56(2), 1-10. Scielo. <http://ve.scielo.org>.
- Agraria, J. (2014). *Hacienda el potrero presenta nueva variedad de semilla de arroz*. Agencia Agraria De Noticias. <https://agraria.pe/noticias/%E2%80%9Chacienda-el-potrero%E2%80%9D-presenta-nueva-variedad-de-semilla-de--7334>.
- Andrade, M., Martínez, L. (2014). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen*. 3^{ra} edición. Volumen digital.
- Bruzzone, C (2018). *Alianzas para el mejoramiento genético del arroz en Perú/Alliances for rice breeding in Perú*. Semillas el portero. http://congresos-rohr.com/arroz-en/index_htm_files/CARLOS%20BRUZZONE.pdf
- Caicedo, Y. J. (2008). *Evaluación de características agronómicas de cuatro líneas interespecíficas de arroz (Oryza sativa/Oryza latifolia) comparadas con dos variedades comerciales y una nativa en el corregimiento de Zacarias Municipio de Buenaventura*. [Tesis pregrado, Universidad del Pacifico]. Repositorio institucional. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Tesis_Lineas_Salahondita_Univ%20Pacifico%20_4_11_08.pdf.
- Chen, S., Wang, C y Li, Q. (2017). *Optimal transplanting age for maximizing rice yield under different climatic conditions*.
- CIAT. (2005). *Sistema de evaluación estándar para arroz*. Programa de Pruebas Internacionales de Arroz. Manual Arroceros, Traductor y Adaptador. Cali, Colombia.
- Cordero, A. (1993). *Fertilización y nutrición mineral del arroz*. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Corporación - MISTI. (2008). *Fertilizantes empleados en el cultivo de arroz*. <http://www.misti.com.pe>.
- Degiovanni, V., Gómez, J. A., Gómez, J. M. (2004). Análisis de crecimiento y etapas de desarrollo de tres variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) en Montería, Córdoba. *Argentina. Temas Agrarios*, 9(1), 21-29.
- Dhital, K. (2011). *Estudio sobre el sistema de intensificación del arroz en trasplantes y semillas directas*. [Tesis doctoral inédita]. Nepal. Universidad de Tribhuvan.

- FEDEARROZ. (2014). *Folletos informativos*, Fedearroz 174, Fedearroz 733, Fedearroz Lagunas CI.
- García, E. (2014). *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*. [Tesis, de pregrado inédita], Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- García, E. O. (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*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria De La Selva]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unas.edu.pe>.
- Gordón, R., Camargo, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agron. Mesoam*, 26(1):55-63. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v26n1/a06v26n1.pdf>
- Guerrero, J. (2012). *Guía técnica de análisis de suelo y fertilización de cacao*. https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/010-a-cacao_SUELOS_FERTILIZACION.pdf.
- Gutiérrez, H., De La Vara, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. Tercera edición Editorial MC Graw Hill. 489 p.
- Guzmán, D. (2006). *Manejo agronómico del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) trasplantado bajo riego en finca ranchos horizonte; cañas, guanacaste, Costa Rica*. [Práctica de especialidad presentada a la Escuela de Agronomía]. Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/>.
- Heros, E. (2013). *Manejo integrado en el cultivo de arroz*. Guía Técnica. 26 p. <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/006-a-arroz.pdf>
- IDAL. (2011). *Rendimiento de Líneas de arroz*. Vista Florida. Lambayeque, Perú. 10 p.
- Lainez, J. (2003). *Suelos aptos para el cultivo de arroz*. México. Pp 1 – 132.
- Li, W., Wu, Q y Liu, Y. (2019). *Synchronization of transplanting with climatic conditions for enhanced rice panicle production*.
- Liu, Z., Zhang, M., Yue, S y Zhang, P. (2010). Influencia del tiempo de trasplante en el número de macollos en el cultivo de arroz. *Revista de Investigación de Arroz*, ed 35.

- MIDAGRI. (2018). *Manual de abonamiento con guano de las islas*. 123 p. <https://www.agrorural.gob.pe/wpcontent/uploads/transparencia/dab/material/MANUAL%20DE%20ABONAMIENTO%20CON%20G.I.pdf>.
- MINAG. (2012). *El arroz: Principales aspectos de la cadena agro productiva*. Dirección General de Competitividad Agraria. Lima, Perú.
- MINAG. (2020). *Análisis de mercado*. Sierra y Selva Exportadora. Unidad de Integración Comercial. <https://cdn.www.gob.pe/>.
- Moreira, D. A. (2017). *Guía para el establecimiento y monitoreo del cultivo de arroz bajo la metodología del SRI (Sistema Intensivo del Cultivo del Arroz)*. <https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2017/07/SRI-Colombia-Guia-para-Establecimiento-y-Monitoreo-del-Cultivo-de-arroz-bajo-SRI-VF-Enero-2018.pdf>
- Moyano, M. (2018). *Presentan nueva variedad de semilla de arroz que resiste virus en el cultivo*. El diario de Piura “El Tiempo”. <https://eltiempo.pe/presentan-nueva-variedad-semilla-arroz-resiste-virus-cultivo/>.
- Nemoto, K; Morita, S; Baba, T. (1995). Desarrollo de brotes y raíces en arroz relacionado con el filocrón. *Recorte Sci*, 35(1), 24-29
- Olmos, S. (2006). *Apunte de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz*. Cátedra de Cultivos II. <https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte-MORFOLOGIA.pdf>
- Ortez, O. F., Rafael, S., De Jesús, M., Estebez, R. (2018). *Cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. 33 p. https://centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Centa_Arroz%202019.pdf
- PEAH. (2008). *Curso de arroz bajo riego*. Capacitación y Promoción Agraria. Boletín.
- Piedrahíta, O. (2009). *Acidez del suelo*. http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Literatura/Acidez%20del%20Suelo/Fuentes%20y%20efectos.pdf
- Pinazo, M. V. (2017). *Comparación de tres sistemas de trasplante manual de arroz (Oryza sativa L.), en el valle Jequetepeque*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Molina]. Repositorio institucional. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2863/F01-P555-T.pdf?sequence=3>

- Pinedo, J. M (2014). *Rendimiento del arroz (Oryza sativa L.) cv. 'la conquista' en tres edades de siembra y diferente número de plantas por golpe, en el sistema de cultivo intensivo (sir) en Tingo María*. [Tesis de pregrado inédita], Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Puentes, O. A. (2018). *Identificación e implementación de un producto orgánico mineral líquido aplicado al cultivo de arroz (Oryza sativa) variedad "Fedearroz 60"*. [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio institucional. <https://repository.unad.edu.co>
- Rajendran, K., Ganesa, V. (2014). *Efecto de la edad de las plántulas en el crecimiento y rendimiento del arroz*. Indian Journal of Advances in Plant Research (IJAPR).
- Rodríguez, D. P. (2017). *Potencial de rendimiento de líneas mutantes de arroz (Oryza sativa L.) desarrolladas mediante aplicación de rayos gamma en condiciones del Valle de Jequetepeque*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional. <http://repositorio.lamolina.edu.pe>
- Rodriguez, O. H y Lara, M. A. (2020). *Comparación de dos sistemas de riego por aspersión y gravedad en rendimiento y consumo de agua en el cultivo de arroz. (Oryza sativa) en la variedad "Hp102 FL el valor" (Hp-102-Fl) en la zona de Túcume Viejo – Lambayeque*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo"]. Repositorio institucional. https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9367/Rodriguez_Jimenez_Omar_Henry_y_Lara_Chiroque_Merly_Aracely.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rucks, L.; García, F.; Kaplán, A.; Ponce De León, J.; Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Facultad de Agronomía. Uruguay. <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>.
- Sadeghian, S. (2012). *Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (Coffea arabica L.) en la etapa de almácigo*. Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/5723/1/16077856.2012.pdf>.
- Sanjinez, F. (2019). *Sustentabilidad del agroecosistema del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) en Tumbes, Perú*. [Tesis de doctor, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe>.

- Sasaki, T y Birch, C. J. (2000). *Macollamiento de plantas de arroz y su efecto en la producción de granos*. Revista de Investigación de Arroz, ed 25.
- Uphoff, N. (2001). *Cuestión científica planteada por el Sistema de Intensificación del Arroz: un sistema de cultivo de arroz con menos agua*. Taller internacional sobre sistemas de producción de arroz con ahorro de agua en la Universidad de Nanjing, China, Instituto de Investigación de Plantas, Universidad de Wageningen.
- Wang, J., Zhang, L., Li, J y Zhang, Z. (2018). *Influence of transplanting time on rice yield and grain quality*.
- Wang, Y., Li, J., Xia, M y Duan, L. (2011). *Impacto de la planificación del trasplante en el rendimiento del cultivo de arroz*. Revista de Cultivos de Arroz, ed 36.
- Zhang, H., Li, X., Zhang, Y y Zhang, H. (2020). *Effect of transplanting time on rice yield and quality*.
- Zhang, H., Xue, Y., Wang, Z., Yang, J y Zhang, J. (2009). *Efecto de las prácticas de manejo del riego en el número de macollos y rendimiento del arroz*. Revista de Cultivos de Arroz, ed 30.

ANEXOS

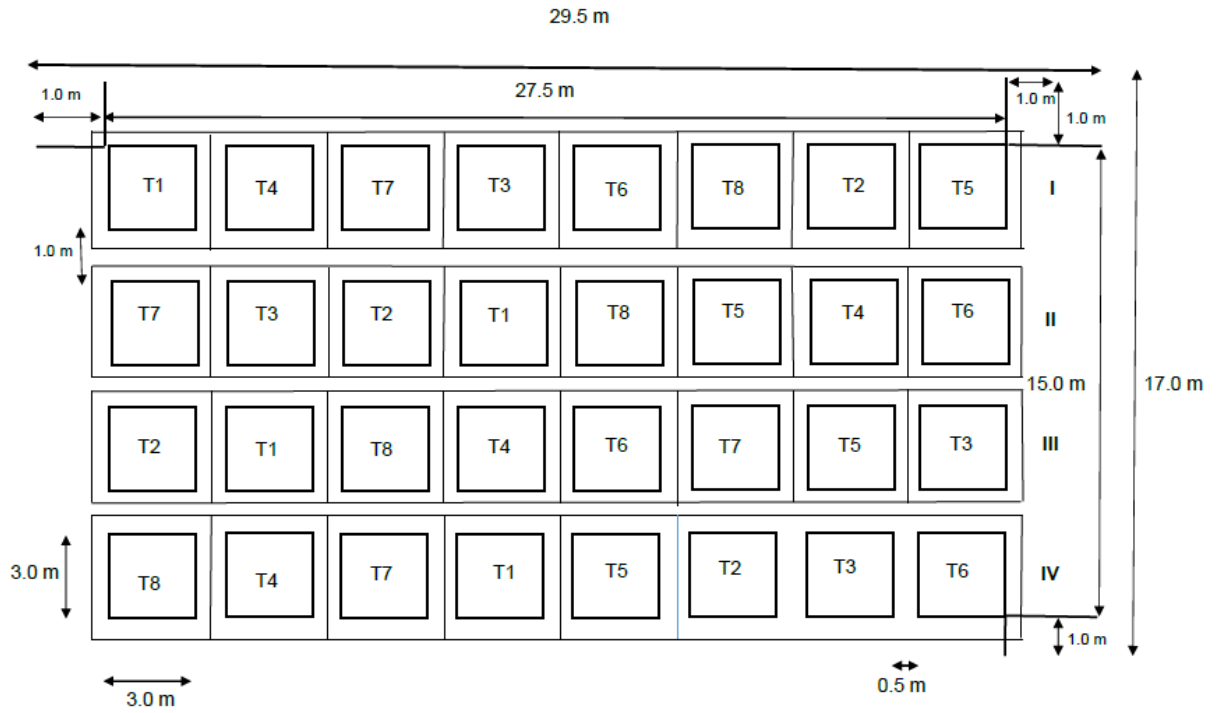
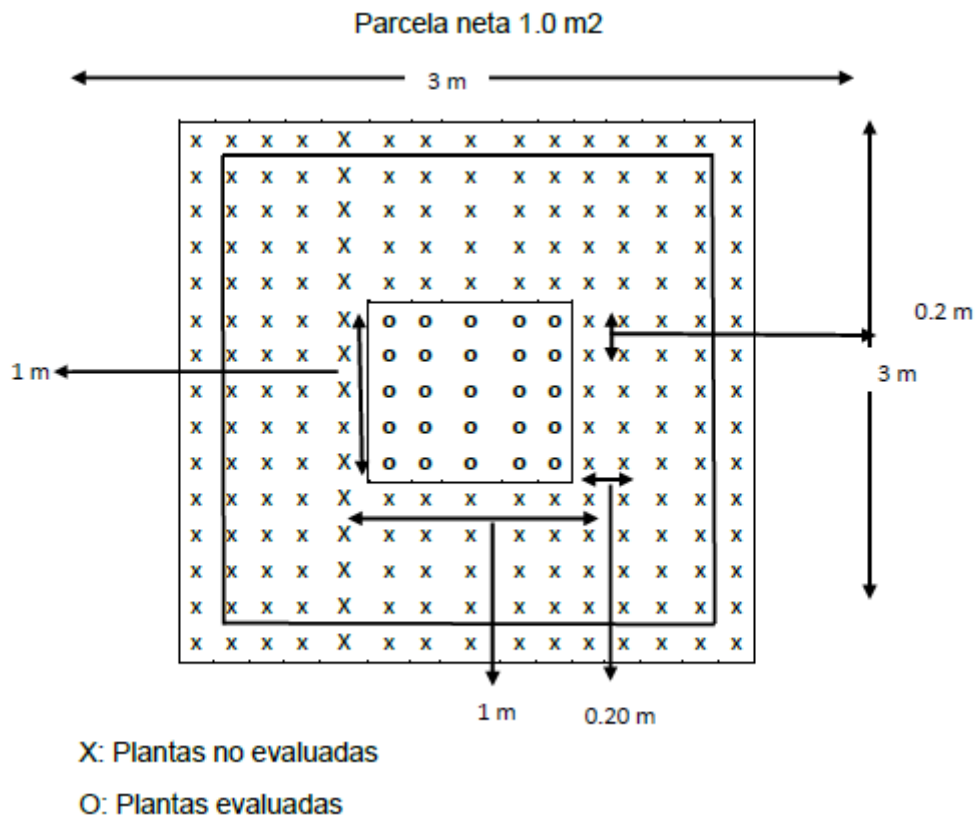


Figura 13. Croquis del campo experimental



X: Plantas no evaluadas
 O: Plantas evaluadas

Figura 14. Croquis de la unidad experimental.

Tabla 19. Evaluaciones de altura de plantas (cm) de las variedades de arroz.

Bloq.	Trat.	15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días	120 días
BI	T ₁	11,37	23,10	48,17	67,84	82,94	95,07	108,56	109,25
BI	T ₂	15,43	26,41	45,56	59,30	71,40	84,04	98,19	99,70
BI	T ₃	21,22	31,91	44,78	60,90	74,76	87,44	98,16	98,58
BI	T ₄	25,50	34,50	44,79	57,70	70,42	83,65	95,98	95,99
BI	T ₅	13,05	26,17	52,13	72,56	89,35	102,76	118,59	118,52
BI	T ₆	18,52	31,02	49,23	64,25	79,76	94,64	110,89	111,39
BI	T ₇	24,55	35,07	50,54	65,03	81,39	95,70	110,96	110,53
BI	T ₈	27,88	37,81	47,64	64,22	79,99	95,52	108,82	108,40
BII	T ₁	11,31	22,88	48,23	67,72	83,31	95,29	108,77	108,95
BII	T ₂	15,65	26,42	44,96	58,59	71,50	84,73	97,92	99,65
BII	T ₃	20,80	32,23	44,79	60,81	74,67	87,24	98,35	98,70
BII	T ₄	25,60	34,36	44,77	57,53	70,45	83,50	95,83	95,68
BII	T ₅	12,64	26,12	52,43	72,28	88,94	103,16	118,36	118,00
BII	T ₆	18,98	31,13	49,54	64,53	80,25	94,62	111,02	111,50
BII	T ₇	24,41	35,16	50,76	64,90	81,26	95,39	111,16	111,32
BII	T ₈	27,96	37,41	47,51	64,76	80,75	95,33	108,90	109,12
BIII	T ₁	11,39	22,88	48,36	68,20	83,63	94,79	108,69	108,91
BIII	T ₂	15,68	27,08	45,24	58,95	71,54	85,25	97,74	99,75
BIII	T ₃	21,26	31,90	44,64	60,89	74,68	87,50	98,31	98,28
BIII	T ₄	25,77	34,86	45,11	57,41	70,81	83,76	95,80	96,10
BIII	T ₅	12,38	26,03	51,85	72,74	89,26	103,21	118,27	118,38
BIII	T ₆	18,86	30,92	49,05	64,07	79,86	94,83	111,09	110,91
BIII	T ₇	24,24	35,08	50,50	64,80	81,30	95,69	112,16	112,25
BIII	T ₈	27,94	37,25	47,83	65,01	80,06	95,51	108,51	109,48
BIV	T ₁	11,12	22,88	48,48	67,67	83,76	95,18	109,47	108,70
BIV	T ₂	15,26	26,90	45,24	59,50	71,42	84,88	99,96	100,04
BIV	T ₃	21,09	32,05	44,93	60,98	74,69	87,23	98,87	97,62
BIV	T ₄	25,63	35,20	44,75	57,67	70,32	83,60	95,67	95,98
BIV	T ₅	12,73	26,40	52,18	72,82	88,93	103,38	118,46	118,32
BIV	T ₆	18,65	30,90	48,98	64,40	79,63	95,07	111,54	111,65
BIV	T ₇	24,18	35,33	50,56	64,88	81,44	95,67	111,78	111,48
BIV	T ₈	28,22	36,90	47,81	64,37	80,25	95,67	109,35	108,26

Tabla 20. Evaluaciones de número de macollos/m² de las variedades de arroz

Bloques	Tratamientos	15 días	30 días	45 días	60 días
BI	T ₁	10	12	14	16
BI	T ₂	8	10	15	14
BI	T ₃	8	10	12	14
BI	T ₄	6	10	12	14
BI	T ₅	10	11	13	14
BI	T ₆	8	12	15	14
BI	T ₇	6	11	12	13
BI	T ₈	7	12	13	14
BII	T ₁	10	12	14	15
BII	T ₂	7	11	13	15
BII	T ₃	6	10	12	14
BII	T ₄	7	11	13	13
BII	T ₅	11	11	13	15
BII	T ₆	8	11	14	16
BII	T ₇	7	10	12	14
BII	T ₈	7	11	13	14
BIII	T ₁	10	12	14	14
BIII	T ₂	8	10	14	14
BIII	T ₃	8	11	12	13
BIII	T ₄	6	11	11	14
BIII	T ₅	10	12	13	14
BIII	T ₆	7	11	14	17
BIII	T ₇	9	11	12	14
BIII	T ₈	7	11	14	14
BIV	T ₁	11	11	13	14
BIV	T ₂	7	10	14	14
BIV	T ₃	9	10	12	13
BIV	T ₄	6	10	13	13
BIV	T ₅	11	11	13	15
BIV	T ₆	8	12	14	14
BIV	T ₇	7	11	12	14
BIV	T ₈	7	11	12	14

Tabla 21. Evaluaciones de número y longitud de panojas/m², número de semillas/panoja, peso de 1000 semillas y rendimiento de las variedades de arroz

Bloques	Tratamientos	N° panojas/m ²	Longitud de panojas	N° semillas /panoja	Peso de 1000 semillas	Rendimiento
BI	T ₁	350.00	25.22	131.00	19.20	8.80
BI	T ₂	340.00	24.88	126.00	18.50	7.93
BI	T ₃	325.00	23.78	124.00	18.40	7.42
BI	T ₄	320.00	23.52	121.00	18.10	7.01
BI	T ₅	315.00	25.14	136.00	19.60	8.40
BI	T ₆	305.00	24.72	128.00	18.80	7.34
BI	T ₇	315.00	25.00	122.00	18.70	7.19
BI	T ₈	290.00	24.28	115.00	18.50	6.17
BII	T ₁	325.00	25.84	135.00	19.80	8.69
BII	T ₂	335.00	25.64	135.00	18.80	8.50
BII	T ₃	320.00	25.32	121.00	19.40	7.51
BII	T ₄	315.00	24.84	123.00	19.30	7.48
BII	T ₅	320.00	24.48	135.00	19.30	8.34
BII	T ₆	310.00	24.12	132.00	19.20	7.86
BII	T ₇	305.00	24.82	129.00	18.80	7.40
BII	T ₈	295.00	23.86	120.00	19.10	6.76
BIII	T ₁	325.00	25.66	133.00	20.30	8.77
BIII	T ₂	335.00	25.28	132.00	19.40	8.58
BIII	T ₃	320.00	24.52	130.00	19.20	7.99
BIII	T ₄	315.00	24.78	122.00	18.40	7.07
BIII	T ₅	325.00	24.72	137.00	19.20	8.55
BIII	T ₆	310.00	24.62	137.00	19.10	8.11
BIII	T ₇	315.00	24.84	132.00	18.70	7.78
BIII	T ₈	300.00	24.02	130.00	19.20	7.49
BIV	T ₁	350.00	25.92	128.00	19.50	8.74
BIV	T ₂	320.00	24.88	134.00	19.20	8.23
BIV	T ₃	300.00	24.28	122.00	18.20	6.66
BIV	T ₄	300.00	24.24	120.00	18.20	6.55
BIV	T ₅	310.00	24.14	132.00	20.80	8.51
BIV	T ₆	315.00	23.66	130.00	18.70	7.66
BIV	T ₇	315.00	24.56	125.00	19.20	7.56
BIV	T ₈	290.00	23.92	122.00	18.60	6.58



Figura 15. Instalación del campo experimental.



Figura 16. Control de plagas y enfermedades



Figura 17. Campo experimental



Figura 18. Evaluación de macollos



Figura 19. Granos lechosos (75 días después de la siembra)



Figura 20. Evaluación del número de panojas.



Figura 21. Maduración del cultivo de arroz (120 días después de la siembra).



Figura 22. Evaluación de la longitud de panoja del cultivo de arroz.



Figura 23. Análisis físico-químico inicial del suelo.