

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE POTASIO (K₂O) EN LA
PRODUCTIVIDAD DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) VARIEDAD LA
ESPERANZA, BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN EL DISTRITO DE
CURIMANÁ, UCAYALI, PERÚ**

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

PETER EDSON PASCAL VASQUEZ

Pucallpa, Perú

2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentado por **PETER EDSON PASCAL VASQUEZ**, denominada: **“EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE POTASIO (K₂O), EN LA PRODUCTIVIDAD DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) VARIEDAD LA ESPERANZA, BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN EL DISTRITO DE CURIMANA, UCAYALI, PERÚ”**, para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL**.

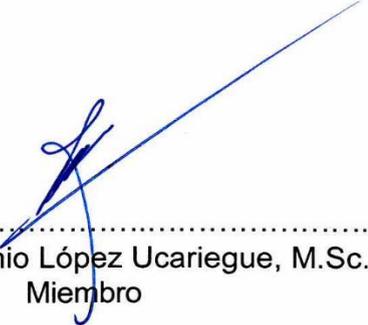
Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por la sustentante lo declaramos: **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el calificativo **Dieciseis (16)**.

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con lo estipulado en los Art. 3 y 6 del Reglamento para el otorgamiento del Título Profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 17 de febrero de 2023.


.....
Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga
Presidente


.....
Ing. Isaias González Ramírez
Secretario

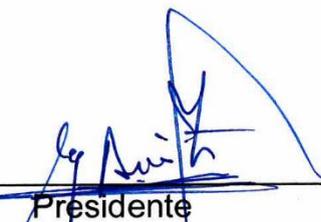

.....
Ing. José Antonio López Ucariegue, M.Sc.
Miembro


.....
Ing. Glendy Sánchez Sunción, M.Sc.
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

La presente tesis fue aprobada por los miembros del Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga



Presidente

Ing. Isaías González Ramírez



Secretario

Ing. José Antonio López Ucariegue, M.Sc.



Miembro

Ing. Glendy Sánchez Sunción, M.Sc.



Asesor

Bach. Peter Edson Pascal Vásquez



Tesista



CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Nº V/0694-2022

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final de Tesis, titulado:

“EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE POTASIO (K2O) EN LA PRODUCTIVIDAD DEL ARROZ (Oryza sativa L.) VARIEDAD LA ESPERANZA, BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN EL DISTRITO DE CURIMANA, UCAYALI, PERÚ”.

Autor(es) : PASCAL VASQUEZ, PETER EDSON

Facultad : CIENCIAS AGROPECUARIAS

Escuela Profesional : AGRONOMÍA

Asesor (a) : MG. SÁNCHEZ SUNCIÓN, GLENDY

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 10%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: **SI** Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que **SI** se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia.



FECHA 28/10/2022



Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Peter Edson Pascal Násquez

Autor de la tesis titulada: "Efecto de diferentes niveles de potasio (K₂O), en la productividad del arroz (Oryza sativa L) Variedad La Esperanza, bajo condiciones de riego en el distrito de Corimara, Ucayali, Perú."

Sustentada el año 2023.

Asesor(a): Ing. Blendy Sánchez Sunción, M. Sc.

Facultad: ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional: Agronomía

Autorizo la publicación:

PARCIAL

TOTAL

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 17 / 02 / 2023

Email: Peteredson.2017@gmail.com Firma:

Teléfono: 970087944 DNI: 42073487

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA.

A Dios, por bendecirme día a día y a mis queridos hijos Jeyk y Naomi Cristel, ya que fueron el motor en mi vida para empezar esta travesía titánica y llegar a concluir con mucho compromiso y esfuerzo esta investigación.

AGRADECIMIENTO.

A Dios, por haber permitido que cumpla con una de mis metas trazadas. Un agradecimiento especial a mis padres Félix Pascal Anastacio y Margarita Niza Vasquez Ochavano, por el apoyo incondicional que me brindaron.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por sus conocimientos brindados en bien de mi formación profesional.

A todas las personas que han contribuido para que esta investigación culmine con éxito.

ÍNDICE.

	Pág.
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE.....	viii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
LISTA DE CUADROS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Antecedentes de la Investigación	3
2.2. Marco Teórico.....	7
2.2.1. Origen	7
2.2.2. Distribución geográfica del cultivo	8
2.2.3. Morfología de la planta de arroz	9
2.2.4. Fisiología de la planta	10
2.2.5. Influencia de los factores ambientales	12
2.2.6. Tecnología de manejo	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1. Ubicación.....	22
3.2. Condiciones edafoclimáticas.....	22
3.3. Duración del ensayo.....	24
3.4. Materiales y equipos.....	24
3.5. Operacionalización de las variables.....	24

3.5.1. Variables independientes.....	24
3.5.2. Variables dependientes.....	25
3.6. Metodología de la Investigación.....	27
3.6.1. Historia del terreno.....	27
3.6.2. Identificación de terreno.....	27
3.6.3. Análisis de suelo.....	27
3.6.4. Limpieza y preparación del terreno.....	27
3.6.5. Alineación del terreno.....	28
3.6.6. Preparación del almácigo.....	28
3.6.7. Trasplante.....	28
3.6.8. Control de malezas.....	28
3.6.9. Control de plagas.....	28
3.6.10. Sistema de riego.....	29
3.6.11. Cosecha.....	29
3.7. Población y muestra.....	29
3.7.1. Población.....	29
3.7.2. Muestra.....	29
3.8. Diseño de la investigación.....	30
3.9. Croquis del experimento.....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1. Rendimiento por hectárea.....	34
4.2. Número de macollos por metro cuadrado.....	35
4.3. Número de panojas por metro cuadrado.....	38
4.4. Número de granos llenos y vanos por panoja.....	40
4.5. Peso de 1000 granos.....	42

4.6. Calidad molinera.....	43
V. CONCLUSIONES.....	47
VI. RECOMENDACIONES.....	48
VII. LITERATURA CITADA.....	49
VIII. ANEXOS.....	52

RESUMEN.

La investigación se llevó a cabo en la zona productora de arroz del caserío Los Ángeles distrito de Curimaná, entre los meses de octubre del 2017 a marzo del 2018, con el propósito de evaluar el efecto de cuatro niveles de fertilización potásica en la productividad del cultivo de arroz variedad INIA 509 La Esperanza bajo condiciones de riego. Los tratamientos 100, 150, 200 y 250 kg de K_2O ha^{-1} , con dosis constantes de 220 kg de N ha^{-1} y de 70 kg de P_2O_5 ha^{-1} fueron probados bajo un diseño de Bloques completos al azar con 4 repeticiones en parcelas de 16 m^2 cada una. Se concluye que, para la variable rendimiento de grano por ha, no hubo diferencias significativas entre las dosis probadas por cada tratamiento, destacando el tratamiento 2 con 6.56 t ha^{-1} . De igual forma, el tratamiento con la dosis más baja 220-70-100 obtuvo 204 panojas por m^2 , sin mostrar diferencias con los demás tratamientos. En relación al número de granos llenos por panoja, aun cuando no se reportaron diferencias. El tratamiento con la dosis más baja 220-70-100 obtuvo 148,77 granos llenos por panoja. Finalmente, respecto al rendimiento de pila, el tratamiento con la dosis más baja de potasio 220-70-100 destaca por el mayor porcentaje de pila total, con 71,3%, superando a los demás tratamientos.

Palabras claves: Arroz, fertilización potásica, dosis, rendimiento.

ABSTRACT.

The research was carried out in the rice-producing area of the Los Angeles village in the Curimana district, between the months of October 2017 to March 2018, with the purpose of evaluating the effect of four levels of potassium fertilization on crop productivity of rice variety INIA 509 La Esperanza under irrigation conditions. The treatments 100, 150, 200 and 250 kg of K_2O ha^{-1} , with constant doses of 220 kg of N ha^{-1} and 70 kg of P_2O_5 ha^{-1} were tested under a randomized complete Blocks design with 4 repetitions in plots of 16 m^2 each. It is concluded that, for the variable grain yield per ha, there were no significant differences between the doses tested for each treatment, highlighting the dose 220-70-150 with 6.56 t ha^{-1} . Similarly, the treatment with the lowest dose 220-70-100 obtained 204 panicles per m^2 , showing no differences with the other treatments. In relation to the number of full grains per panicle, even when no differences were reported. the treatment with the lowest dose 220-70-100 obtained 148.77 full grains per panicle. Finally, regarding the pile performance, the treatment with the lowest dose of potassium 220-70-100 stands out for the highest percentage of total pile, with 71.3%, surpassing the other treatments.

Keywords: Rice, potassium fertilization, dose, yield.

LISTA DE CUADROS.

En el texto:		Pág.
Cuadro 1.	Datos meteorológicos de Curimaná durante el desarrollo del cultivo.....	23
Cuadro 2.	Tratamientos probados a base de NPK en el ensayo.....	24
Cuadro 3.	Análisis de varianza según el diseño experimental.....	30
Cuadro 4.	Resultados de las variables estudiadas en el ensayo.....	33
En el anexo:		
Cuadro 5A.	ANVA Rendimiento.....	54
Cuadro 6A.	ANVA macollos primera evaluación.....	55
Cuadro 7A.	ANVA macollos segunda evaluación.	56
Cuadro 8A.	ANVA macollos tercera evaluación.	57
Cuadro 9A.	ANVA panojas por metro cuadrado.....	58
Cuadro 10A.	ANVA granos llenos.	59
Cuadro 11A.	ANVA granos vanos.....	60
Cuadro 12A.	ANVA peso de 1000 granos.....	61
Cuadro 13A.	ANVA porcentaje grano entero.....	62
Cuadro 14A.	ANVA grano quebrado.	63
Cuadro 15A.	ANVA pila total.	64

LISTA DE FIGURAS.

En el texto:		Pág.
Figura 1.	Ubicación satelital el ensayo.....	22
Figura 2.	Croquis del experimento.....	31
Figura 3.	Rendimiento por hectárea, por tratamiento (t por ha).....	34
Figura 4.	Número de macollos por m ² en tres evaluaciones (30, 60 y 90 ddt).....	37
Figura 5.	Número de panojas por m ² por tratamiento.....	39
Figura 6.	Número de granos llenos y vanos por panoja, por tratamiento...	41
Figura 7.	Peso de 1000 granos por tratamiento.....	43
Figura 8.	Calidad molinera por tratamiento.....	45
En el anexo:		
Figura 9A.	Almácigo de arroz Oriza Sativa Variedad Esperanza.....	65
Figura 10A.	Parcela experimental donde se realizó los tratamientos.....	65
Figura 11A.	Alineamiento y siembra de las semillas en el área del bloque experimental.....	66
Figura 12A.	Primera evaluación de macollos de la planta por m ²	66
Figura 13A.	Control de malezas de forma manual en la parcela.....	67
Figura 14A.	Cosecha de muestras de cada parcela experimental.....	67
Figura 15A.	Muestras del tratamiento 3 del campo experimental.....	68
Figura 16A.	Conteo de números de granos, llenos y vanos del T3.....	68
Figura 17A.	Calidad molinera del grano.....	69
Figura 18A.	Toma de % de humedad del grano.....	69

I. INTRODUCCIÓN.

Durante muchos años la agricultura en el Perú ha sido el pilar del desarrollo, es por eso que el arroz es un cultivo de mucha importancia económica debido a que este cereal es considerado un alimento básico y consumido en todo el mundo. La productividad promedio nacional del cultivo ha mantenido también una tendencia positiva, pasando de cerca de $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ a fines de los años 70 a $7,3 \text{ t ha}^{-1}$, treinta años después, con un aumento de $2,8 \text{ t ha}^{-1}$ (MINAGRI, 2016).

A pesar de este incremento significativo a nivel nacional, la región Ucayali solo alcanza una productividad de $5,5 \text{ t ha}^{-1}$ aproximadamente, debido, entre otros factores, a la escasa fertilización especialmente potásica que se viene aplicando en varias zonas arroceras de la región. Esto genera la presencia de enfermedades de tipo fungosas, que trae como consecuencia baja producción y, por ende, grandes pérdidas económicas a los productores (Peralta, 2018).

En el distrito de Curimaná, actualmente se viene incrementando su área de siembra destinada al cultivo de arroz bajo riego, siendo La Esperanza (INIA 509), una de las variedades más difundidas entre los agricultores. Por ser altamente productiva, esta variedad exige también el uso de mayores cantidades de fertilizantes, aunque, un aporte desbalanceado de nutrientes con excesivo nitrógeno y/o inadecuado potasio produce fallas en el metabolismo de la planta favoreciendo el desarrollo y reproducción de los patógenos, ya que la planta de arroz se caracteriza por tener altos contenidos de N y azúcares solubles, creando un medio ideal para el desarrollo del patógeno (Pezo, 2009).

Numerosos estudios y experimentos sobre el potasio y especialmente relacionados al nitrógeno ocupan una posición importante respecto a la relación nutrición vegetal y stress biótico (Pezo, 2009).

En este sentido, el proyecto de investigación se fundamenta en encontrar métodos eficientes de fertilización para mantener niveles óptimos de productividad. La evaluación de este ensayo de fertilización química en base al potasio, permitirá obtener información técnica para generar recomendaciones de dosis de nutrientes adecuadas, considerando tipos de suelos, nivel inicial de nutrientes, rendimiento de los cultivos y extracción de nutrientes en granos, en las nuevas variedades que se liberen.

Así mismo, la importancia de desarrollar trabajos de investigación en fertilización también radica en emplear tecnologías apropiadas que permitan incrementar el rendimiento del cultivo de arroz, ya que es un cultivo que depende de la fertilidad y disponibilidad de estos elementos en el suelo, lo cual contribuye en la mayor absorción y asimilación nutricional, que se manifiesta positivamente en la producción de la planta, producto de la eficiencia metabólica proveniente de la mayor extracción de nutrientes y actividad fotosintética (Mattos, 2015).

1.1. Objetivo General.

- Determinar el efecto de cuatro niveles de fertilización potásica en la productividad del cultivo de arroz variedad La Esperanza bajo condiciones de riego en el distrito de Curimaná.

1.2. Objetivo Específico.

- Determinar el efecto del rendimiento de uno de los niveles de K_2O que influye en la productividad del cultivo de arroz variedad La Esperanza, bajo condiciones de riego en el distrito de Curimaná.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Antecedentes de la Investigación.

Deambrosi et al., (2015) durante los años 1979-89 demostró que, de 31 ensayos instalados con la variedad Bluebelle en la zona Este, sólo 3 de K (entre 0,09 y 0,37 meq (100g)⁻¹ de suelo), se encontró respuesta a la aplicación. En una segunda etapa (1998-00) con las variedades EP 144 e INIA Tacuarí se instalaron 15 ensayos en la zona, aplicando un arreglo factorial 4x4 de P y K (con 0, 30, 60 y 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, y 0, 20, 40 y 60 kg ha⁻¹ de K₂O), se calcularon los índices de respuesta relativa a la aplicación de potasio. Mediante un modelo lineal, se estimó el nivel crítico de potasio en el suelo 0,2 meq (100g)⁻¹. En forma complementaria se sugiere revisar la relación Mg/K; si resulta mayor a 15, se recomienda la fertilización; según la literatura, si el porcentaje de saturación $K \cdot 100 / CIC$ es menor a 1,5 es esperable una respuesta. En resumen, para decidir la inclusión de potasio en la fertilización: considerar el análisis de suelos, su uso anterior, posibilidad de liberación de nutrientes del rastrojo, aportes través del riego, y requerimientos nutricionales para alcanzar un determinado rendimiento.

Ferrando et al., (2017) señala que, estudios recientes de respuesta en diferentes cultivos de secano han demostrado que el potasio (K) es uno de los nutrientes limitantes de la producción de cultivos en Uruguay, motivo por el cual estudió la respuesta a K en cultivos comerciales de arroz en la principal área arrocería de Uruguay. Durante las cosechas de 2011-12 y 2012-13 se instalaron ensayos de respuesta a K en tres cultivos comerciales de arroz, sobre suelos con 0,14, 0,19, y 0,25 cmol kg⁻¹ de K intercambiable. Los tratamientos fueron

cuatro dosis de K (30, 60, 120, y 240 kg ha⁻¹ de K₂O) aplicadas como cloruro de potasio (KCl), más un control (sin K agregado), demostrándose que la concentración total de K en las hojas durante el ciclo de crecimiento no cambió significativamente con la aplicación de K, pero sí aumentó el rendimiento de grano ($P < 0,02$) en los tres sitios. La respuesta a K fue a las dosis más bajas aplicadas, y los aumentos en el rendimiento de grano variaron de 999 a 1,375 kg ha⁻¹.

Porras (2013) evaluó el efecto de diferentes niveles de nitrógeno y potasio sobre el desarrollo y producción del cultivo de arroz, cultivar C-7 STEC, establecido en época de verano, aplicándose, cuatro niveles de nitrógeno (50; 75; 100 y 125 kg/ha), dos niveles de potasio (60 y 90 kg/ha) y una dosis única de fósforo (60 kg/ha), obteniéndose 24 tratamientos. Todas las aplicaciones se realizaron con fertilizante granulado. Las condiciones ambientales durante el desarrollo del ensayo fueron perjudiciales para el cultivo del arroz, ya que se presentó una alta temperatura, alta humedad relativa, y baja precipitación, motivo por el cual se implementó el riego por aspersión, el mismo que no fue suficiente para compensar el alto déficit hídrico que presentaba el cultivo, motivo por el cual, el desarrollo y producción del arroz cultivar C-7 STEC, no se vieron influenciados por el efecto de diferentes niveles de nitrógeno y potasio.

Ferrando et al., (2017) estudió la respuesta del cultivo de arroz a potasio, durante las zafas 2011-12 y 2012-13, llevándose a cabo tres experimentos en la zona de producción de la Cuenca de la Laguna Merín, siendo tratamientos, cinco dosis de K (0, 30, 60, 120 y 240 kg de K₂O ha), aplicadas como cloruro de K (KCl). Al estado de prefloración se midió la concentración de K en hoja bandera y a la cosecha se midió el rendimiento demostrándose que, la concentración de

K en hoja varió de 1,05 a 1,37% de K, pero no siguió una tendencia clara frente al agregado de fertilizante. Sin embargo, con respecto al rendimiento en grano, la aplicación de KCl fue significativo en los tres sitios, con incrementos de 1200 y 1400 kg ha⁻¹ respecto al testigo con las dosis más bajas.

Escobar (2013), desarrolló un estudio acerca del comportamiento agronómico y calidad de grano de cuatro variedades tradicionales de arroz (*Oryza sativa* L.), a bajas dosis de nitrógeno, fósforo y potasio, en la zona de Boliche, provincia del Guayas, concluyendo que las variedades se acercan más a su potencial genético, comparado con el análisis económico con dosis de 20 kg de nitrógeno, 8 kg de fósforo y 15 kg de potasio por tonelada de grano.

Patiño (2015) estudió el efecto de la fórmula de abonamiento NPK para el rendimiento de la variedad de arroz, en el valle de San Lorenzo, Piura, durante los meses de julio a diciembre del 2012, en condiciones de un suelo franco arenoso, pobre en materia orgánica, nitrógeno total, y un contenido medio de fósforo y bajo en potasio. Se estudiaron dos factores: fórmulas de abonamiento y momentos de aplicación, concluyendo que, la mejor fórmula de abonamiento fue 200-80-150 kg ha⁻¹ de NPK, para un rendimiento de 10,336 kg ha⁻¹ de arroz cáscara. El mejor momento de aplicación del primer abonamiento resultó ser a los 21 días después del trasplante con un rendimiento de 10,637 kg ha⁻¹ de arroz cáscara. La mejor combinación resultó la aplicación de 200-80-150 kg ha⁻¹ de NPK a los 21 días después del trasplante, con un rendimiento de 11,581 kg ha⁻¹ de arroz cáscara. La mayor relación beneficio costo de 0,45, se obtuvo con la aplicación de 200-80-150 kg ha⁻¹ de NPK a los 21 días después del trasplante.

Contreras (2016) estudio la respuesta del fósforo, zinc, cobre y boro en el rendimiento de arroz cáscara y calidad molinera mediante el sistema intensivo

del cultivo de arroz en el valle Jequetepeque. Para ello, estudió diez tratamientos, en los cuales, la dosis de nitrógeno, fósforo y potasio fue: 336 – 46 – 104 kg/ha y de Cu, Zn y B fue: 80.4, 400, 127 g/ha respectivamente, fraccionándose en tres partes los micronutrientes; la primera a los 64 días, la segunda a los 71 días, y la tercera a los 78 días de almacigo, el fósforo se aplicó toda la dosis a los 32 días de almacigo. Las dosis de nitrógeno y potasio fueron iguales en todos los tratamientos. El trasplante se realizó a los 14 días con distanciamiento de 0.33 x 0.33 m entre golpes, colocando dos plántulas por golpe, y la cosecha se realizó a los 143 días después de trasplante. Los resultados obtenidos en rendimiento y calidad molinera fueron: 10,346 t ha⁻¹ de arroz cáscara, 70,9% de rendimiento de molinería y 3,4% de granos quebrados. No se encontró diferencias significativas entre las medias de los tratamientos bajo el efecto de la fertilización con fósforo, fertilización con micronutrientes ni por efecto de la interacción del fósforo con los micronutrientes en el rendimiento de arroz cáscara. La fertilización fosfatada tuvo un efecto significativo para el porcentaje de granos quebrados y porcentaje de granos enteros, en las variables porcentaje de rendimiento de molinería e índice de formaciones tizosas no se encontraron diferencias significativas. En la interacción del Cu, Zn y B más fósforo se encontró los menores porcentajes de granos quebrados.

Isuiza (2015) realizó un estudio comparativo de cuatro niveles de fertilización química nitrogenada y su efecto en el rendimiento de 03 variedades locales (INIA 507 - La Conquista, INIA 509 - La Esperanza, IDAL 186 - Fortaleza) y 02 líneas promisorias de arroz del INIA (CT18141-6-4-2-4-4-1-M / Ph-06 y CT18141-6-4-24-4- 1-M I Ph-10), en la EEA El Porvenir Tarapoto San Martín, utilizando dosis de 160, 180, 200 y 220 kg de N.ha⁻¹, con urea como fuente

nitrogenada. Adicionalmente se emplearon dosis de 90 kg de P_2O_5 ha^{-1} (Fosfato di amónico 18% de N y 46% de P_2O_5) y 90 kg de K_2O /ha (Cloruro de potasio 60% de K_2O). Los resultados muestran respuesta positiva de las variedades a la aplicación del nitrógeno; sobresaliendo notablemente la variedad La Esperanza quien obtuvo un mejor rendimiento respecto a las demás variedades en estudio con dosis de 180 kg de N. ha^{-1} en un promedio de 9266.75 kg. ha^{-1} . Dosis altas de nitrógeno (200 y 220 kg N. ha^{-1}), incrementaron la incidencia de Hoja Blanca en las variedades de arroz, siendo la variedad IDAL 186 - Fortaleza, la que presentó el índice más alto de macollos afectados (3,36%). La variedad INIA 507 - La Conquista mostro un mejor comportamiento de macollamiento, con los distintos niveles de nitrógeno aplicados (160, 180, 200 y 220 Kg de N. ha^{-1}), superando a las demás variedades en estudio. Las dosis de nitrógeno estudiadas no influyeron en la calidad molinera (% de grano entero), pero si hubo diferencia entre variedades, sobresaliendo nuevamente la variedad INIA 509 - La Esperanza junto con la variedad Fortaleza.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Origen.

En el mundo existen dos especies de arroz que se cultivan, *Oryza sativa* L. y *Oryza glaberrima* Steud. Sin embargo, la primera es la que ha tenido una distribución en el mundo, ya que la segunda se encuentra únicamente en el oeste de África. Aunque hay diferencias sobre el centro de origen del arroz, la mayoría de autores sostienen que el mismo corresponde al sur de la India, y que su propagación inicio desde el sureste asiático a China (INTA, 2008).

Con respecto a su clasificación botánica, el arroz corresponde a una gramínea anual de tallos redondos y huecos compuestos de nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas a los tallos por la vaina y su inflorescencia es una panícula; el cual pertenece a la clase Monocotiledónea, orden Glumifora, familia Poaceae y la tribu Oryzae (INTA, 2008).

2.2.2. Distribución geográfica del cultivo.

Alva (2000), reporta que el arroz se cultiva en una diversidad de condiciones ambientales, algunos autores sostienen que es un cultivo de zona húmeda del trópico, otros consideran que florece en un rango de condiciones que van desde los 45° de Latitud Norte y 40° al Sur de la línea ecuatorial, se puede cultivar desde el nivel del mar, hasta los 2500 msnm.

A su vez, Kauffman, citado por Montilla (2011) indica que las prácticas climáticas y agronómicas predominantes determinan el número ideal de días desde la siembra de arroz hasta la cosecha. El periodo de floración fluctúa de 45 a 60 días en áreas templadas donde los rendimientos son usualmente netos, este largo periodo de llenado de granos es evidente un efecto de la temperatura y no un carácter varietal, en los trópicos el tiempo de floración a la maduración promedio es de 30 días, pero fluctúa entre 25 y 35 días según la variedad.

Finalmente, Cotín, citado por Mattos (2015), refiere que el arroz se considera como una especie tropical; sin embargo, es una planta ampliamente adaptable a diferentes ambientes, sembrándose en la China hasta 50° de latitud norte y al sur hasta los 35°, en el Perú se cultiva hasta el paralelo 17° y desde el nivel del mar hasta 1 500 msnm.

2.2.3. Morfología de la planta de arroz.

Solórzano (1993) describe las siguientes características de los órganos vegetativos: La raíz, está constituida por raíz principal y raíces secundarias, la raíz principal se origina de la semilla botánica después de la germinación y fija a la planta en las primeras edades de desarrollo. El tallo, es la parte aérea que relaciona la raíz con el resto de los órganos de la planta y sostiene a las hojas y flores; el tallo está dividido por nudos y entre nudos de longitud variable, el número de nudos del tallo varía de 10 - 20 dependiendo del ciclo vegetativo, los cultivos precoces tienen menor número de nudos que los tardíos. El macollo, son las ramificaciones aéreas procedentes de las yemas laterales de los nudos hipogeos del tallo principal y posteriormente de los tallos primarios, secundarios y terciarios; el desarrollo de los macollos dentro de cada tallo está confinado a una zona de 3 – 5 cm próxima a la superficie del suelo, la cual se expande gradualmente hasta que se complete la formación total de macollos, la cual es conocido como la “Zona de macollamiento”. Los macollos secundarios son los más numerosos que los primarios, producen panojas más grandes y de mayor número de granos que los secundarios y estos dan origen a los macollos terciarios. Las hojas se disponen en forma alternada en lados opuestos del tallo.

La primera hoja que aparece en la base del tallo principal de los macollos se denomina (prófilo), no tiene lámina y está constituido por dos brácteas aguiladas. Los bordes del prófilo aseguran por el dorso los macollos jóvenes al original; la cantidad de hojas es igual al número de nudos del tallo en una planta activa, el número de hojas varía de 10 – 13 según su precocidad o semi tardía. Se encuentra agrupadas en inflorescencias de aspectos racimosos denominados panojas o panículas, las panojas se encuentran ubicados sobre el

último nudo del tallo el cual recibe el nombre de nudo cilial y está protegido por una hoja terminal generalmente más cortas y más anchas que las demás hojas (hoja bandera) (Solórzano, 1993).

Luego de la fecundación, el ovario inicia el desarrollo y alcanza sus dimensiones definitivas y peso máximo aproximadamente a los 28 – 30 días, de esta forma se constituye el fruto, que finalmente se presenta conformado por las glumas (palea y lemma) y la carióspside madura presenta: Tegumento, Endospermo y Embrión (Solórzano, 1993).

El endospermo conjuntamente con el embrión vendría a constituir la semilla propiamente dicha el embrión contenido en un grano maduro presenta las siguientes partes: Radícula, plúmula, escutelo y el eje hipocotilo (Solórzano, 1993).

2.2.4. Fisiología de la planta.

Las características fisiológicas del arroz y el efecto que el ambiente ejerce sobre él, se describen a continuación:

Germinación: El arroz requiere de temperaturas alrededor de 20 °C, para una óptima germinación, brotando en una semana, para el cual no necesita iluminación para el proceso de germinado, observándose dormancia en algunas variedades, sobre todo en el grupo Indica. El arroz presenta comportamiento subacuático, ya que requiere poco oxígeno y puede germinar sumergido en agua (Manual para Educación Agropecuaria, 2000).

Macollamiento: Los macollos emergen del nudo basal y de los nudos inferiores. El número de macollos está relacionado con el distanciamiento entre

plantas; de tal manera que, a mayor espacio, mayor macollamiento, siendo la poda de plántulas antes del trasplante la que estimula el macollamiento. Contrariamente, altos niveles de agua en el campo de cultivo, reducen la formación de macollos. El macollamiento óptimo requiere de temperaturas entre 22 °C – 30 °C, siendo las temperaturas críticas, entre menos 10 °C y mayores a 35 °C (Vargas, 1985).

Polinización: Habitualmente, el arroz se autopoliniza en un 100%. La floración se da entre las 8 y las 16 horas del día, registrándose la mayor apertura de flores, alrededor del mediodía, manteniéndose abiertas las espiguillas durante 30 a 120 minutos, alargándose el tiempo de apertura de las espiguillas en condiciones de clima frío y nublado. La temperatura óptima para la polinización oscila entre 30 °C (Ochse, citado por Montilla, 2011).

Fotoperiodo: El arroz florece temprano durante los días cortos. Las del grupo Japónica y Javánica no son tan sensibles a la longitud del día solar (Ochse, citado por Montilla, 2011).

Radiación solar: La temperatura es crítica para la maduración cuando se encuentra entre 22 – 24 °C, donde la óptima es de 20 – 22 °C, las bajas temperaturas durante la maduración influyen sobre el porcentaje de granos completamente maduros y sobre su peso unitario. Con temperaturas diarias inferiores a 18 °C el peso de 1000 granos disminuye y a temperatura constante de 10 °C el peso de los 1000 granos es virtualmente cero, pero cuando la temperatura excede a los 22 – 23 °C, el peso de los 1000 granos es mayor (Tinarelli, citado por Montilla, 2011).

Desprendimiento del grano: Los grupos Javánica y Japónica son más sensibles al desprendimiento del grano que el Índica, una sequía prolongada, seguida de fuertes lluvias, acelera peligrosamente el desprendimiento del grano. Si la cosecha no se hace a tiempo, habrá un desprendimiento de granos y, por consecuencia, una mayor pérdida en la cosecha (Tinarelli, citado por Montilla, 2011).

2.2.5. Influencia de los factores ambientales.

Temperatura para el cultivo de arroz: Grist (1982) citado por Mattos (2015), menciona que la temperatura óptima está entre 30 °C a 35 °C, la máxima es de 42 °C y la mínima es de 18 °C, las temperaturas bajas en las primeras etapas de crecimiento retardan con más severidad el desarrollo de las plántulas, atrasan el trasplante y reducen la formación de hijuelos, la altura de la planta y el número de hojas se afectan de manera adversas, ocasionando un retraso en la floración. Las temperaturas bajas que se presentan después de la floración ocasionan una reducción en el número de espiguillas fertilizadas y en su peso, la producción de grano depende del balance entre la fotosíntesis y la respiración. Bajo condiciones de intensidades de luz diurna que por sí solas no limitan las temperaturas bajas en las latitudes altas, sobre todo aquellas de la noche, tienden a incrementar la acumulación de carbohidratos y, por lo tanto a elevar los rendimientos.

Necesidades de la luz en el cultivo de arroz: Grist (1982), citado por Mattos (2015) menciona que investigaciones establecieron el hecho de que el número de hijuelos y de panojas aumenta con la intensidad y cantidad de luz,

donde se han demostrado que el sombreado ocasiona una disminución del número de espiguillas por panículas, pero no afecta el porcentaje de granos fértiles.

Necesidades de agua del cultivo de arroz: Grist (1982), citado por Mattos (2015) sugiere que una capa de agua somera provoca temperaturas más elevadas durante el día y más bajas en la noche, estimulando el macollamiento. El rendimiento se ve afectado si la provisión de agua es insuficiente, en especial en la época de espigamiento. Las cantidades pequeñas de agua, proporcionadas a intervalos frecuentes, conducen a la obtención de altos rendimientos que cantidades mayores proporcionadas con intervalos más largos. Se ha demostrado que un flujo de agua lento y continuo sobre el campo produce mejores rendimientos, que cuando el agua se mantiene en el campo y se cambia a intervalos. El aumento en rendimiento obtenido con el consumo más elevado de agua requerido para el riego por flujo continuo no es lo suficiente grande como para justificar tal uso excesivo de agua de riego.

Condiciones de suelo para el cultivo de arroz: Tinarelli (1989), citado por Montilla (2011) refiere que el arroz puede cultivarse en cualquier tipo de terreno, cualesquiera que sean sus características físicas, de textura y estructura y propiedades químicas. La única limitante se refiere a la necesidad de carácter hidráulico, suponiéndose a la inundación: como consecuencia, es indispensable cierto grado de impermeabilidad del subsuelo.

2.2.6. Tecnología de manejo.

Variedad INIA - 509 “La Esperanza”: La Estación Experimental Agraria

“El Porvenir” ubicada en Tarapoto, San Martín, en el mes de marzo del 2010, dio origen a la variedad INIA-509 “La Esperanza”; generado del cruce CT7948-AM-14-3-1/CT9038-5-5C-8C-3C-1C- M/Selva Alta. En este centro de investigación, durante los años 2001-2003; fue seleccionada en la generación F4 a F6 y hasta el año 2009, fue evaluada en Alto Mayo (PEAM), quedando establecida la genealogía de “Arroz INIA 509 – La Esperanza” como: CT15704-9-1-2-EP2-EP1-VC51, presentando las siguientes características: periodo vegetativo de 135 días, rendimiento potencial de 11,5 t ha¹, peso de 1000 granos igual a 27,0 g, altura de la planta de 100 cm, con un rendimiento de pila de 72% y 62% de grano entero y grano quebrado 10% (Palacios, 2010).

La variedad de arroz INIA 509 “La Esperanza”, se ha caracterizado por presentar alto potencial de rendimiento, tolerancia a *Pyricularia grisea* principalmente, además de buen comportamiento agronómico y buena calidad molinera y culinaria (Palacios, 2010).

Características cuantitativas:

- Período vegetativo: 135 días.
- Altura de planta: 100 cm.
- Rendimiento potencial: 11,5 t ha⁻¹.
- Peso de 1000 granos: 27,0 g.
- Largo de grano sin cáscara: 7,0 mm.
- Ancho de grano sin cáscara: 2,0 mm.
- Translucencia de grano: 95%.
- Rendimiento total de pila: 72%.
- Grano entero: 62%.

- Grano quebrado: 10%.
- T° gelatinización: Intermedia.
- Amilosa: 24%.
- Periodo de dormancia: 45 días (Palacios, 2010).

Manejo de riego del cultivo: El sistema de riego empleado en los arrozales va desde sistemas estáticos, de recirculación y de recogida de agua. Teniendo en cuenta las ventajas e inconvenientes de cada sistema y de su impacto potencial en la calidad del agua, permitirá a los arroceros elegir el sistema más adecuado a sus operaciones de cultivo (Montero, 2004).

Fertilización del cultivo de arroz: Palacios (2010) sostiene que, los principales elementos que intervienen en su crecimiento y desarrollo del cultivo del arroz son: el nitrógeno, fósforo y el potasio. Si alguno de ellos falta, los demás elementos limitan sus funciones.

Fertilización nitrogenada: El nitrógeno es el elemento principal y limitante en el cultivo de arroz, por ello, existen dos épocas críticas de mayor consumo de nitrógeno por la planta, la primera es a partir de los 15 a 20 días después del trasplante para iniciar el macollamiento y la segunda es a partir de los 75 a 85 días de edad del cultivo (punto de algodón) contados a partir del primer día de voleo de la semilla en el almácigo (Palacios, 2010).

Montero (2004) menciona que el nitrógeno bajo la dosis de 150 kg/ha, se debe aplicar en dos fases: la primera como abonado de fondo, y, la segunda, al comienzo del ciclo reproductivo. La dosis de nitrógeno depende de la variedad, el tipo de suelo, las condiciones climáticas, manejo de los fertilizantes, etc. En

general la dosis debe ser distribuida dos veces (75% como abonado de fondo y 25% a la iniciación de la panícula).

Fertilización fosforada: Patiño (2015) indica que el fósforo favorece al desarrollo radicular, también favorece el ahijamiento, contribuye a la precocidad y uniformidad de la floración Fertilización potásica.

El K es un macro nutriente esencial requerido en grandes cantidades para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos. Algunas de las principales funciones de las plantas donde el K está comprometido son: la y maduración y mejora la calidad molinera del grano. Así mismo, explica que, el arroz necesita encontrar fósforo disponible en las primeras fases de su desarrollo, por ello es conveniente aportar el abonado fosforado como abonado de fondo. Las cantidades de fósforo a aplicar van desde los 50-80 kg de P_2O_5 /ha. Las primeras cifras se recomiendan para terrenos arcillo limosos, mientras que la última cifra se aplica a terrenos sueltos y ligeros.

Osmoregulación, la síntesis de los almidones, la activación de enzimas, la síntesis de proteínas, el movimiento estomático y el balance de cargas iónicas (Maathuis y Sanders, 1994).

Cantidades adecuadas de K son importantes contribuyentes en la adaptación de los cultivos al stress causado por factores bióticos y abióticos, tales como sequías, salinidad, heladas, ataques de insectos o enfermedades. La mayoría de los cultivos de grano requieren K en los primeros estadios del crecimiento y la máxima absorción se verifica durante la etapa vegetativa (Kafkafi, 1990).

Isuiza (2015) menciona, que el K aumenta la resistencia al encamado, a las enfermedades y a las condiciones climáticas desfavorables. La absorción del

K durante el ciclo de cultivo transcurre de manera similar a la del N. La dosis de K a aplicar varía entre 80-150 kg de K_2O /ha. Las cifras altas se utilizan en suelos sueltos y cuando se utilicen dosis altas de N.

El uso de fertilizantes potásicos en los valles arroceros de la selva siempre ha estado en estrecha relación con el tipo de variedad, condiciones climáticas y manejo de los fertilizantes. La forma de aplicación de los fertilizantes es muy importante para elevar la eficiencia de este y bajar los costos de producción del cultivo (Montero, 2004).

Función y movilidad del potasio.

El K es esencial para que ocurran normalmente diversos procesos en la planta. Entre estos se pueden mencionar la osmoregulación, activación de enzimas, regulación del pH y balance de aniones y cationes en las células, regulación de la transpiración por los estomas y transporte de los fotosintatos hacia el grano. Fortalece las paredes celulares y está envuelto en la lignificación de los tejidos escleróticos. A nivel de toda la planta, el potasio incrementa el área foliar y el contenido de clorofila, retrasa la senescencia y por lo tanto contribuye a una mayor fotosíntesis y crecimiento del cultivo (Dobermann y Fairhurst, 2000).

A diferencia del N y el P, el K no tiene efecto mayor en el macollamiento, sin embargo, su presencia incrementa el número de granos por panícula, el porcentaje de granos llenos y el peso de 1000 granos. Por otro lado, mejora la tolerancia de la planta a las condiciones adversas, al acame y al ataque de insectos y enfermedades (Dobermann y Fairhurst, 2000).

Síntomas de deficiencia y efectos en el crecimiento.

Los síntomas de deficiencia tienden a aparecer primero en las hojas viejas, debido a que el K es móvil dentro de la planta y se transloca de las hojas en senescencia a las hojas jóvenes (Kafkafi, 1990).

Los primeros síntomas de la deficiencia aparecen como plantas de color verde oscuro que tienen hojas con los márgenes de color café amarillento o parduzco o manchas necróticas de color café oscuro en la punta de las hojas viejas. Las hojas superiores son cortas, agobiadas y de un color verde oscuro sucio; las puntas y los márgenes de las hojas se pueden secar (Dobermann y Fairhurst, 2000).

La deficiencia de K afecta el crecimiento en general y reduce el macollamiento, con mayor predisposición al acame de las plantas; senescencia temprana de las hojas, marchitamiento y enrollamiento de las hojas y, ocasionando un alto porcentaje de espiguillas vanas o parcialmente llenas, e incrementando la incidencia de enfermedades.

El contenido de K de un suelo depende en gran medida del material madre y de su grado de meteorización (Graham y Fox, 1971, citados por Deambrosi et al., 2015). El potasio se presenta en el suelo en 4 formas que están en un equilibrio dinámico: K^+ en la solución del suelo (1-2% del K total), K^+ intercambiable (1- 10% del total), K^+ no intercambiable (90-98% del K total), y K^+ mineral reserva semipermanente. La mayoría se encuentra en la estructura cristalina de minerales silicicados, especialmente feldspatos y micas. En un suelo inundado el proceso de reposición es muy rápido y el nutriente es mantenido en niveles más constantes (Su, 1976; De Datta y Mikkelsen, 1985, citados por Deambrosi et al., 2015). La velocidad de reacción es muy rápida entre

el K^+ en la solución del suelo y el K^+ intercambiable y viceversa, mientras que entre el K^+ intercambiable y el no intercambiable es bastante rápida y es muy lenta en forma inversa (Wiklander, 1954 citado por Deambrosi et al., 2015).

En forma coincidente, Fageria, Slaton y Baligar (2003), citados por Deambrosi et al., (2015), establecen que el equilibrio entre el K de la solución del suelo y el K^+ intercambiable es rápido, completándose dentro de horas. Sin embargo, el equilibrio entre el K^+ no intercambiable y el intercambiable es mucho más lento, requiriendo días o aún meses. El proceso de meteorización es extremadamente lento y tiene poca significación en el suministro para las plantas en una estación de crecimiento. La mayoría del K utilizado por las plantas proviene del elemento de la solución del suelo y del intercambiable, siendo suplantado por K liberado desde el no intercambiable.

Varios autores citan el incremento de K en la solución del suelo debido a la inundación, alcanzando un máximo y luego desciende IRRI (1963); Islam e Islam (1973), citados por Deambrosi et al., (2015). Ponnampereuma (1967), citado por Deambrosi et al., (2015) informa que la inundación causa un incremento en la concentración de iones en la solución indicado por un aumento en la conductancia específica, pero menciona que Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ y Na^+ no están involucrados en el proceso de reducción del suelo, por lo que su incremento sería un efecto secundario.

En estudios realizados en Brasil, la cantidad de K presente en la solución del suelo inundado fue alta al inicio de la inundación, disminuyó y aumentó nuevamente a partir de la segunda semana; luego de alcanzar niveles altos en 56 semanas, la concentración comenzó a disminuir, pero mantuvo siempre niveles superiores a los que ocurren en secano (Moraes y Freitas, 1973, citados

por Deambrosi et al., 2015).

El K no es un componente de compuestos orgánicos en las plantas, pero es un cofactor para 60 o más enzimas, es importante para la respiración, y traslocación de asimilatos. Dentro de sus efectos generales se puede mencionar: favorecer el macollaje, e incrementar el tamaño y peso de granos, jugar un rol importante en la apertura y cierre de estomas y mayor tolerancia a condiciones climáticas desfavorables, incrementar la respuesta a la aplicación de otros nutrientes (N y P principalmente), contribuir a una mayor tolerancia a las enfermedades, e incrementar la fortaleza de los tallos reduciendo el vuelco (Ferrando et al., 2017).

Los requerimientos de K por parte del cultivo de arroz, varían según las condiciones de producción. De Datta y Mikkelsen (1985), citados por Deambrosi et al., (2015) reportan que para producir $9,8 \text{ t ha}^{-1}$ de arroz con la aplicación de $174 \text{ kg de N ha}^{-1}$ el cultivo removi6 $258 \text{ kg de K ha}^{-1}$ (232 kg en la paja y 26 kg en grano); sin aplicar N, el rendimiento fue de $3,8 \text{ t ha}^{-1}$ con un consumo total de $69 \text{ kg de K ha}^{-1}$. Si son provistas las condiciones de crecimiento, y solamente el suministro de nutrientes es la limitante, basados en la producci6n de arroz en Asia, Dobermann y Fairhurst (2000), citados por Deambrosi et al., (2015) mencionan que el balance nutricional 6ptimo se alcanza con una absorci6n de $14,7 \text{ kg de N}$, $2,6 \text{ kg de P}$ y $14,5 \text{ kg de K}$ por t de rendimiento en grano.

Entre R6os (Argentina), como resultado de un monitoreo de 4 a6os en m6s de 40 chacras por a6o, Quinteros (2000), citado por Deambrosi et al., (2015) menciona una relaci6n de 13 kg de N , 3 kg de P y 12 kg de K , por tonelada de grano. En Rinc6n de Ram6rez, Uruguay, utilizando la variedad INIA Olimar a una densidad de siembra de $150 \text{ kg de semillas m}^{-2}$ y aplicando $80 \text{ kg de N ha}^{-1}$, se

absorbieron 170 kg N, 28 kg de P y 125 kg de K totales en la parte aérea, para producir 11,25 t ha⁻¹ de arroz; por kg de grano producido se absorbieron 15 kg de N, 2,49 de P y 11,1 de K (Deambrosi et al., 2004, citado por Deambrosi et al., 2015).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Ubicación.

La investigación se ejecutó en una zona productora de arroz del distrito de Curimaná, caserío “Los Ángeles”, la cual se encuentra ubicada en la carretera Federico Basadre Km 34, margen derecho 11 Km, carretera Nueva Requena, entrando a la margen izquierda 26 Km cruzando en bote, perteneciente a la provincia de Padre Abad, región Ucayali.



Figura 1. Ubicación satelital del ensayo.

3.2. Condiciones edafoclimáticas.

Las características edáficas de la zona de estudio corresponden al trabajo de pre-investigación (análisis de suelo) teniendo los resultados de textura franco arcillosa, con un pH ligeramente ácido (6,29), bajo contenido de materia orgánica (2,70%), alto contenido de aluminio (1,30 cmol/L) lo cual representa saturación media de aluminio (27%) respecto a la capacidad de intercambio catiónico

efectiva CICE, alta saturación de bases (72,40%) contenido medio de nitrógeno (0,12%), alto contenido de fósforo (32,09 ppm) y contenido medio de potasio (0,40 cmol/L), así como contenidos bajos de Ca (2,04 cmol/L) y magnesio (0,88 cmol/L) y muy baja capacidad de intercambio catiónico efectiva (4,71 meq/100 g suelo).

Según el estudio climatológico de la cuenca del río Aguaytía (Gómez et al., 1992), las mayores precipitaciones se presentan en el sector Oeste, zona andina, entre 3,000 mm a más de 5,000 mm; mientras que las menores ocurren en el sector este, en el llano amazónico entre 3,000mm a menos de 1,500 mm, en este último se presentan sectores con déficit de agua como es el caso de Von Humboldt, Neshuya y Curimaná. Los datos meteorológicos de la zona en estudio se presentan a continuación:

Cuadro 1. Datos meteorológicos de Curimaná durante el desarrollo del cultivo.

Mes	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	Horas de sol
Octubre	32,9	21,4	146	82,7	7,5
Noviembre	31,7	21,2	212	84,3	8,2
Diciembre	32,9	21,0	213	86,3	6,6
Enero	30,5	20,9	459	87,7	6,8
Febrero	30,8	20,7	212	88,3	7,3

Fuente: Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali (2021).

En el caso de la precipitación pluvial mensual, la acumulada fue de 1096 mm entre los meses de octubre 2017 a febrero del 2018, destacando los valores de este factor entre diciembre y febrero que involucran la mayor exigencia del cultivo por el recurso hídrico para las fases de macollamiento y floración de la planta.

3.3. Duración del ensayo.

Este trabajo tuvo una duración de 6 meses. La fase experimental se inició en el mes de octubre del 2017 y culminó en el mes de marzo del 2018 considerando desde la preparación del terreno hasta la redacción y entrega del informe final.

3.4. Materiales y equipos.

Se utilizó semilla certificada de arroz variedad INIA 509 La Esperanza, fertilizantes comerciales a base de NPK, wincha de 25 m, balanza, letrero, bomba de mochila de 20 litros, tractor agrícola, tractor Kubota, Herbicidas, Fungicidas; por otro lado, también utilizamos libreta de campo, USB, calculadora, cámara digital, laptop e impresora.

3.5. Operacionalización de las variables.

3.5.1. Variables independientes.

En el Cuadro 2 se aprecian los diferentes tratamientos usados.

Cuadro 2. Tratamientos probados a base de NPK en el ensayo.

Tratamiento	kg de N ha ⁻¹	kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹	kg de K ₂ O ha ⁻¹
T1	220	70	100
T2	220	70	150
T3	220	70	200
T4	220	70	250

Las dosis de potasio (K) fueron establecidas tomando en cuenta el análisis de suelo previo al ensayo y al requerimiento del cultivo, mientras que para el nitrógeno (N) se determinó una dosis estándar de 220 kg ha⁻¹ y para

fósforo (P) se estableció una dosis única de 70 kg P_2O_5 ha⁻¹ manteniéndose constante en cada unidad experimental. En el caso del K, se aplicó Sulfato de potasio como fuente comercial (0-0-50) al voleo en toda la unidad experimental, con lámina de agua, en una sola aplicación, a los 5 días antes del trasplante.

La dosis de nitrógeno (N) fue constante en todos los tratamientos y se aplicó en forma de urea /46-0-0) en dos momentos, a los 15 días después del trasplante y a los 60 días después, que corresponde a la fase de punto de algodón, al voleo y con lámina de agua en cada unidad experimental. Para el caso del fosforo, se aplicó bajo la forma de fosfato diamónico (18-46-0) en una sola dosis (70 kg de P_2O_5 ha¹) al voleo en toda la unidad experimental, con lámina de agua y a los 5 días antes del trasplante.

3.5.2. Variables dependientes.

Números de macollos por metro cuadrado: La evaluación de esta variable se efectuó tomando al azar 1 m² de la parte media de cada unidad experimental y se procedió a contar todos los macollos, primarios secundarios y terciarios, teniendo en cuenta que se realizaron 3 evaluaciones, la primera a los 30 días, después del trasplante, la segunda a los 60, y la tercera a los 90 días después del trasplante.

Número de panojas por metro cuadrado: Esta evaluación se realizó una vez alcanzado la madurez comercial (más del 80% color pajizo) tomándose al azar 1 m² de la parte media de cada unidad experimental y se procedió a contar todas las panojas del área mencionada, registrándose el dato en la libreta de campo.

Número de granos llenos y vanos por panoja: Para esta variable, a la cosecha, se tomó al azar, 10 panojas de la parte media de cada unidad experimental y luego, se procedió al desprendimiento de los granos, separando con la uña de los dedos, los granos llenos y los vanos por cada panoja, y registrando los datos de cada uno en la libreta de campo

Peso de 1000 granos: Para la obtención de los resultados de esta variable se tomó 1000 granos llenos a un 14% de humedad por cada unidad experimental y se procedió a realizar el peso de 1000 granos con la ayuda de una balanza analítica.

Rendimiento por ha: Una vez terminada la cosecha, se pesó toda la producción de grano por unidad experimental, excepto la hilera de los bordes y se determinó su correspondiente rendimiento, todo esto llevado a ha, con su correspondiente porcentaje de humedad, mediante el uso de la estufa.

Porcentaje de granos enteros y quebrados: Para evaluar esta variable se pesó una muestra de 100 gramos de granos en cascará por cada unidad experimental y se procedió a su pilado, con la ayuda de un molino experimental marca Satake, para evaluar la calidad molinera, pesándose por separado los granos enteros y los granos quebrados, respectivamente.

Rendimiento de pila: Esta evaluación fue calculada en base a los porcentajes de granos enteros y quebrados, así como el rendimiento de pila total, tomando en cuenta el peso de 100 gramos de grano pilado por cada tratamiento y en cada unidad experimental.

3.6. Metodología de la Investigación.

3.6.1. Historia del terreno.

El terreno tiene una pendiente ligeramente inclinada y con acceso a una fuente de agua y en la campaña anterior estuvo sembrado de arroz bajo riego.

3.6.2. Identificación del terreno.

Para ello se escogió un área de 2050 m², la que estuvo ubicada cerca de una fuente de agua para facilitar todas las labores de campo y toma de datos de la investigación.

3.6.3. Análisis de suelo.

Antes de efectuar las labores de limpieza y preparación del terreno, se procedió a realizar la labor de muestreo del suelo de toda el área, donde dicho suelo con un peso de 500 g, fue llevado al Laboratorio del INIA Pucallpa, para determinar las características físicas y químicas del suelo experimental y proceder a ajustar en caso de ser necesario, la fórmula de fertilización.

3.6.4. Limpieza y preparación del terreno.

Se realizó la limpieza en forma manual utilizando herramientas comunes de la zona, como machete, cultivadora, pala, dejando así descubierto toda el área. Posteriormente, se hizo uso de un tractor agrícola implementado con rastra, para voltear el terreno y luego con el ingreso del agua, se procedió al batido del suelo con ayuda de un tractor Kubota, implementado con llantas filipinas.

3.6.5. Alineación del terreno.

Se alineó el terreno en forma manual utilizando wincha, rafia, estacas. Luego se subdividió las parcelas dentro del terreno definitivo para la investigación.

3.6.6. Preparación del almácigo.

Esta actividad se realizó en forma paralela a las actividades anteriores, utilizando un área de 7 m de largo por 3 m de ancho, haciendo un total de 21 m². Esta actividad incluyó las labores de remojado, pregerminado y siembra durante un tiempo de 25 a 30 días para luego ser trasplantadas a campo definitivo.

3.6.7. Trasplante.

La densidad de siembra usada fue de 0,25 m entre hileras y 0,25 m entre plantas. Las plantas fueron extraídas de la cama de almácigo y sembradas con la ayuda de una rafia para demarcar el alineado, es propicio mencionar que el área tuvo una película de agua de 5 a 10 cm y la siembra fue manual.

3.6.8. Control de malezas.

El control de malezas se realizó en forma química, utilizando el herbicida Butachlor a la preemergencia de malezas, a razón de 3 L ha⁻¹ y también algunas malezas fueron extraídas manualmente cada 30 días.

3.6.9. Control de plagas.

Se realizó en forma química, cuando se presentó el ataque de plagas,

especialmente mosquilla (*Hidrellia* sp) y barrenador (*Spodoptera* sp) usando Carbofuran a la dosis de 250 ml ha⁻¹, esta labor se realizó a los 30 y 60 días.

3.6.10. Sistema de riego.

Siendo el arroz un cultivo que necesita bastante agua se mantuvo casi durante todo el cultivo, una película de agua de 10 cm por encima del suelo. El agua se quitó de la parcela experimental, cuando el arroz presentó granos a 30% de madurez comercial.

3.6.11. Cosecha.

Se realizó en forma manual, cuando la planta presentó madurez comercial (22% de humedad de grano). Humedades inferiores a 20% durante la cosecha, incrementan el porcentaje de grano quebrado.

3.7. Población y muestra.

3.7.1. Población.

Se instaló 4096 plantas de todo el ensayo, que corresponden a todas las unidades experimentales, considerando a los tratamientos y a las repeticiones por cada tratamiento

3.7.2. Muestra.

Para la muestra se consideró a 2304 plantas de todo el ensayo, sin tomar en cuenta las 2 hileras de los bordes de cada unidad experimental.

Para la evaluación de rendimiento se consideró todo el área de cada unidad experimental, excepto a las 2 hileras de los bordes de cada una y para

las evaluaciones biométricas de altura, número de macollos por metro cuadrado, número de panojas por planta, número de granos llenos y vanos por panoja, peso de 1000 granos y calidad molinera, para algunos casos se tomaron 10 muestras, y para otros se tomaron en base a un metro cuadrado, (que consta de cuatro varas de madera de un metro cada uno, amarrados en los extremos, formando un metro cuadrado).

3.8. Diseño de la investigación.

Se aplicó el Diseño de Bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, lo que hizo un total de 16 unidades experimentales. Para la prueba de comparación entre tratamientos, se usó la prueba de Tukey al 0,05 nivel de significación.

El modelo matemático del diseño se describe de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = U + T_j + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = cualquier observación de las variables.

U = media general.

T_j = efecto del i -ésimo tratamiento.

B_j = efecto de la j -ésima repetición.

E_{ij} = efecto del error experimental.

Cuadro 3. Análisis de varianza según el diseño experimental.

F. V.	G. L.
Repeticiones	3
Tratamientos	3
Error	9
Total	15

3.9. Croquis del experimento.

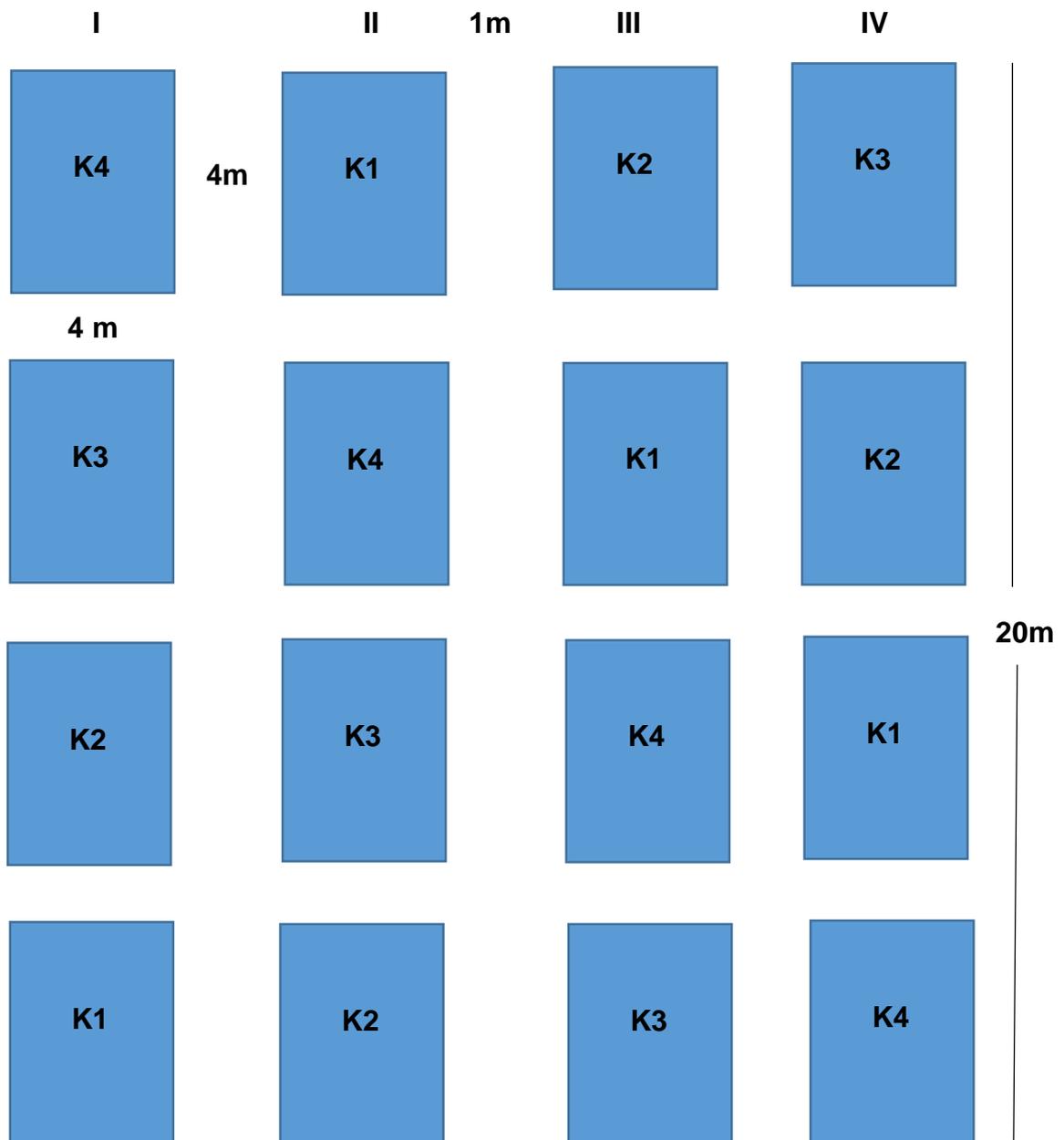


Figura 2. Croquis del experimento.

Dimensiones del Ensayo:

Campo Experimental:

Largo : 20 m²

Ancho : 20 m²

Área total : 400 m²

Dimensiones de los Tratamientos:

Largo : 20 m²

Ancho : 4 m²

Área total : 80 m²

Borde : 1 m²

Dimensiones de la Unidad Experimental:

Largo : 4 m²

Ancho : 4 m²

Área total : 16 m²

Borde : 1 m²

- Distancia entre hileras: 0,25 m
- Distancia entre plantas: 0 ,25 m

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Cuadro 4. Resultados de las variables estudiadas en el ensayo.

Tratamientos	Dosis de NPK	Rendimiento por ha (t)	Numero de panojas por m ²	Granos llenos por panoja	Granos vanos por panoja	Peso de 1000 Granos (g)	Porcentaje de grano entero	Porcentaje de grano quebrado	Porcentaje de pila total
T1	220-70-100	6,50 a*	204 a	149 a	23 a	27,3 a	67,1 a	4,1 b	71,2 a
T2	220-70-150	6,56 a	192 a	148 a	22 a	27,0 a	61,7 c	7,0 a	68,7 b
T3	220-70-200	6,36 a	200 a	148 a	24 a	27,4 a	65,4 b	3,7 b	69,1 b
T4	220-70-250	6,46 a	200 a	147 a	24 a	27,6 a	65,6 b	3,0 b	68.6 b

*Letras iguales significan que no existen diferencias significativas entre tratamientos.

4.1. Rendimiento por hectárea.

Los resultados de rendimiento por ha fueron estimados tomando en cuenta que está en función del número de panojas por m², el número de granos llenos por panoja y el peso de 1000 granos y llevado a rendimiento por ha ajustado al 14% de humedad.

De esta forma, el análisis de varianza para el rendimiento por ha (t ha⁻¹), que se presenta en el Anexo 3, ha determinado que no existe diferencias significativas entre las dosis probadas por cada tratamiento, con un coeficiente de variabilidad aceptable de 14,4% y una escasa asociación entre los datos reportados con un valor de 0,17

Efectuada la prueba de Tukey (P<0,05) para esta variable, se encontró que, todos los tratamientos presentaron valores similares sin diferencias estadísticas, significativas para las dosis 220-70-150, 220-70-250, 220-70-100 y 220-70-200, quienes obtuvieron 6.56, 6,50, 6.46 y 6.36 t ha⁻¹, respectivamente.

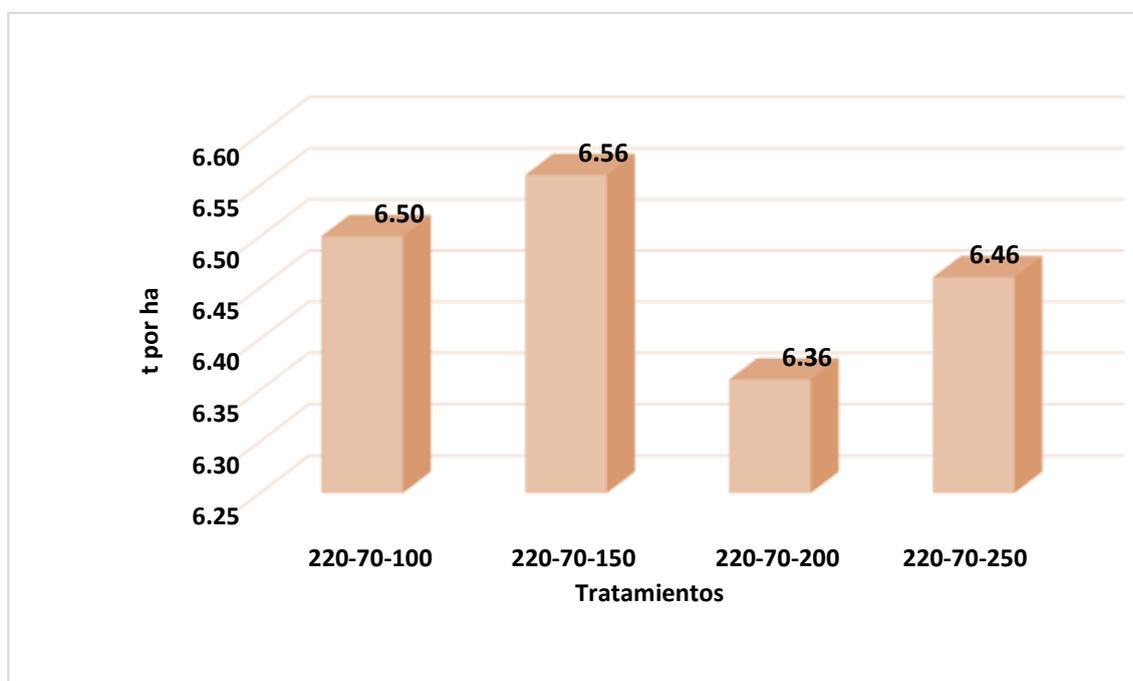


Figura 3. Rendimiento por hectárea, por tratamiento (t ha⁻¹).

Los resultados encontrados nos permiten atribuir que la planta de arroz ha respondido adecuadamente, en primer lugar, a la disponibilidad del macronutriente presente en el suelo y, adicionalmente a las dosis más bajas por parte del fertilizante potásico, en asocio con la aplicación de nitrógeno y fósforo.

Por otro lado, al comparar los resultados con ensayos similares para la variable, se encontró que el mejor rendimiento ($6,56 \text{ t ha}^{-1}$) con la dosis 220-70-150) fue superior al que reporta Peralta (2018) en la zona de Curimaná, con $5,92 \text{ t ha}^{-1}$, probando el efecto de varias dosis de N y P_2O_5 con una dosis de K_2O (100 kg ha^{-1}) y usando la variedad INIA 503 La Puntilla.

Sin embargo, se refieren inferiores a los registrados por Gavilán (2019) en Jaén con 294 macollos por m^2 , cuando se aplicó $60 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$ bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada en dos variedades de arroz, así como a los encontrados por Patiño (2015) en Piura, con la variedad IR4-2, al comprobar dos dosis de NPK, las cuales consideraron 100 y $150 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$, con un promedio de $10,4 \text{ t ha}^{-1}$ y al que reporta Mattos (2015) en Chepén Trujillo con la variedad IR43, en un ensayo de aplicación fraccionada de N, con $11,2 \text{ t ha}^{-1}$.

4.2. Número de macollos por metro cuadrado.

Esta variable fue medida en tres ocasiones durante la etapa de crecimiento del cultivo de arroz, la primera a los 30 días después del trasplante, la segunda, a los 60 días después del trasplante y la tercera a los 90 días después del trasplante.

En el primer caso, al efectuar el análisis de varianza para número de macollos por m^2 en los primeros 30 días después del trasplante, se encontró

diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 4,67% y una alta correlación entre los datos obtenidos con un valor de 0,89 (Anexo 3).

La prueba de Tukey ($P < 0,05$) demuestra que entre las dosis más altas de potasio 220-70-250, 220-70-150 y 220-70-200 con 219,5, 199,5 y 187,5 macollos por m^2 , no se presentaron diferencias estadísticas, pero fueron superiores al tratamiento de la dosis más baja 220-70-100 con 169,2 macollos por m^2 (Figura 4).

De igual forma, el análisis de varianza para el número de macollos por m^2 en los siguientes 60 días después del trasplante (Anexo 4), determinó que existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos probados, con un coeficiente de variabilidad de 3,57% y una alta correlación entre los datos obtenidos con un valor de 0,92.

La prueba de Tukey ($P < 0,05$) demuestra que, no existen diferencias significativas entre las dosis con mayor aplicación de potasio 220-70-250, 220-70-200 y 220-70-150 con 294,8, 292,6 y 280,4 macollos por m^2 , pero se mostraron superiores al tratamiento 220-70-100 con 243,3 macollos por m^2 (Figura 4).

Finalmente, al efectuarse el análisis de varianza para el número de macollos por metro cuadrado a los 90 días después del trasplante (Anexo 5), se determinó que existe diferencias entre los diferentes tratamientos estudiados, con un coeficiente de variabilidad de 4,14% y una correlación muy estrecha entre los valores registrados con un valor de 0,72.

Al efectuar la prueba de Tukey ($P < 0,05$) los tratamientos probados con las dosis más altas de este macronutriente 220-70-250 y 220-70-200 con 305,9

y 304,9 macollos por m² cada uno, no presentan diferencias entre ellos, pero superan a los tratamientos con las dosis más bajas de potasio 220-70-150 y 220-70-100, quienes obtuvieron 287,0 y 268,3 macollos por m², respectivamente (Figura 4).

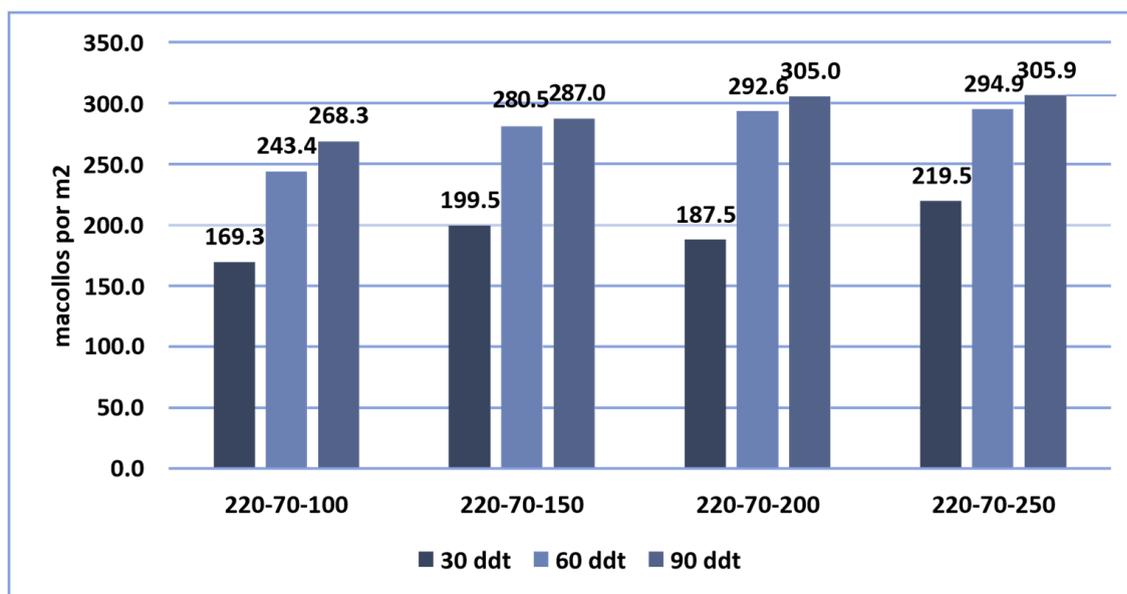


Figura 4. Número de macollos por m² por tratamiento.

Si bien es cierto, la respuesta de la planta fue significativa en los primeros 30 días después del trasplante, esto se debe al efecto inmediato de la aplicación fraccionada de la dosis de N y total de P y K al momento de trasplante, que influenciaron en una mayor respuesta, lo que no se observó a los 60 y 90 días después del trasplante, probablemente por el agotamiento del macronutriente en el suelo y la respectiva extracción de nutrientes para formar la biomasa aérea y radicular de la planta de arroz.

De igual forma, el K es requerido en grandes cantidades para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos. Algunas de las principales funciones de las plantas donde el K está comprometido son: la osmoregulación, la síntesis de los almidones, la activación de enzimas, la síntesis de proteínas, el movimiento

estomático y el balance de cargas iónicas (Maathuis y Sanders, 1994, citados por Palacios, 2010).

En la presente investigación, la variedad “La Esperanza” presentó un buen vigor vegetativo en esta etapa de crecimiento, como resultado de la adecuada distribución hídrica pluvial durante la etapa de macollamiento.

Sobre los resultados logrados en esta variable, a los 90 días después del trasplante, con 305 macollos por m², se consideran similares a los resultados obtenidos por Gavilán (2019) en Jaén con 294 macollos por m², cuando se aplicó 60 kg de K₂O ha⁻¹ bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada en dos variedades de arroz, sin embargo, fueron inferiores a lo registrado Peralta (2018) en la zona de Curimaná, con 347 macollos por m², probando el efecto de varias dosis de N y P₂O₅ con una dosis de K₂O (100 kg ha⁻¹) usando la variedad INIA 503 “La Puntilla”. De igual modo, fueron superados por los que encontró por Patiño (2015) en Piura, con la variedad IR4-2, al comprobar dos dosis de NPK, las cuales consideraron 100 y 150 kg de K₂O ha⁻¹, con un promedio de 435 macollos por m².

4.3. Número de panojas por metro cuadrado.

En relación a esta variable, el análisis de varianza (Anexo 7) muestra que no se presentaron diferencias entre tratamientos estudiados, con un coeficiente de variabilidad de 7,75% y una baja correlación entre los datos obtenidos con un valor de 0,43, debido a la variabilidad de datos reportados en esta evaluación.

Al efectuarse la prueba de Tukey (P<0,05) el tratamiento con la dosis 220-70100 obtuvo un promedio de 204 panojas por m², sin mostrar diferencias con los tratamientos 220-70-250 y 220-70-200, quienes produjeron cada uno, 200

panojas por m² y en último lugar se ubicó al tratamiento 220-70-150 con 192 panojas por m² (Figura 5).

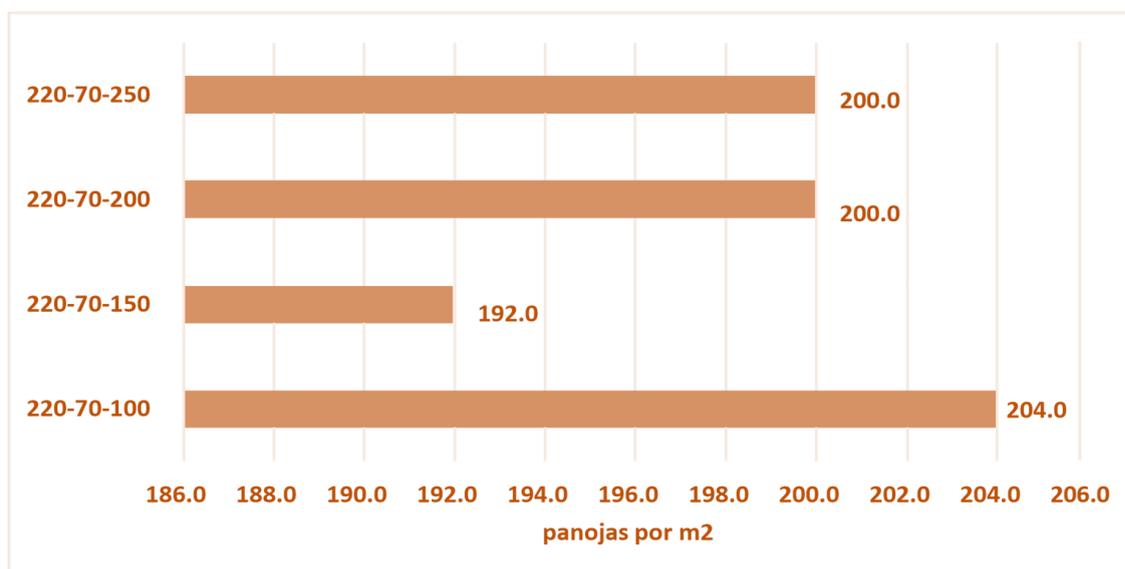


Figura 5. Número de panojas por m² por tratamiento.

La respuesta de la variedad INIA 509 La Esperanza, se atribuye a que, la producción de panojas por golpe o por m², está mayormente gobernada por el factor genético que por el factor ambiental.

Sin embargo, en relación a su requerimiento nutricional, Kafkafi (1990); citado por Montero (2004) sostiene que, la mayoría de los cultivos de grano como el arroz, requieren K en los primeros estadios del crecimiento y la máxima absorción se verifica durante la etapa vegetativa. Por ello, numerosos estudios y experimentos sobre el K y especialmente relacionados al N ocupan una posición importante respecto a la relación nutrición vegetal y stress biótico (Pezo, 2009).

Respecto a los resultados obtenidos en esta variable, la mayor producción de panojas por m² fue de 204, inferior a lo reportado por Gavilán (2019) en Jaén, con 272 macollos por m², cuando se aplicó 60 kg de K₂O ha⁻¹,

bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada en dos variedades de arroz Plazas y el Valor, de propiedad de la Hacienda El Potrero.

Asimismo, los resultados obtenidos fueron inferiores a los registrados por Peralta (2018) en la zona de Curimaná, con 320 panojas por m², probando el efecto de varias dosis de N y P₂O₅ con una sola dosis de K₂O (100 kg ha⁻¹) usando la variedad INIA 503 “La Puntilla”. Asimismo, fueron superados a lo registrado por Patiño (2015) en Piura, con la variedad IR4-2, al probar dos dosis de NPK, las cuales consideraron 100 y 150 kg de K₂O ha⁻¹, con un promedio de 324 macollos por m².

4.4. Número de granos llenos y vanos por panoja.

En relación al número de granos llenos por panoja, el análisis de varianza (Anexo 7) muestra que no se presentaron diferencias entre los tratamientos estudiados, con un coeficiente de variabilidad de 3,20% y una baja correlación entre los datos obtenidos con un valor de 0,20, debido posiblemente a lo disperso de los datos reportados en esta evaluación.

Aun cuando no se reportaron diferencias entre los tratamientos, al efectuar la prueba de Tukey ($P < 0,05$) el tratamiento con la dosis 220-70-100 obtuvo 148,77 granos llenos por panoja, seguidos los tratamientos 220-70-200, 220-70-150 y 22070-250 quienes produjeron 148,10, 147,70 y 147,20 granos llenos por panoja, respectivamente (Figura 6).

Por otro lado, la evaluación del número de granos vanos por panoja, indica según el análisis de varianza (Anexo 7), que tampoco existen diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio, con un coeficiente de variabilidad de 6,92% y una alta correlación de los datos con un valor de 0,62.

La prueba de Tukey ($P < 0,05$) muestra escasas diferencias entre los datos reportados por cada tratamiento, registrándose 24,3, 24,1, 23,4 y 22,2 granos vanos por panoja para las dosis 220-70-250, 220-70-200, 220-70-100 y 220-70-150, respectivamente (Figura 6).

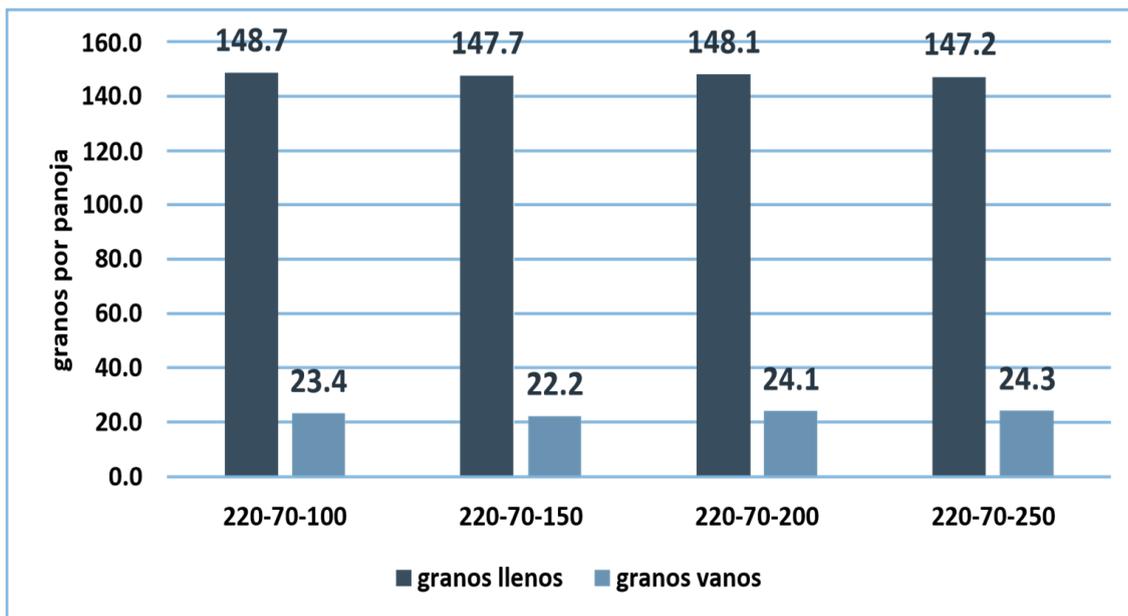


Figura 6. Número de granos llenos y vanos por panoja por tratamiento.

Respecto a estas variables, Dobermann y Fairhusth (2001), citados por Palacios (2010) manifiestan que, a diferencia del efecto del potasio sobre el número de macollos por m^2 , su presencia aumenta el número de granos por panoja, debido a su función de transporte de asimilados producto de la fotosíntesis, que van directamente al grano de arroz.

Sobre los resultados logrados en la presente investigación, el mayor registro corresponde a 148,1 granos llenos por panoja, superior a lo reportado por Patiño (2015) en Piura, con la variedad IR4-2, al probar dos dosis de NPK, las cuales consideraron 100 y 150 kg de K_2O ha^{-1} , con un promedio de 93 granos llenos por panoja, así como similar a lo reportado por Mattos (2015) en Chepén

Trujillo con la variedad IR43, en un ensayo de aplicación fraccionada de N, con 153 granos llenos por panoja.

Sin embargo, fueron inferiores a los resultados reportados por Gavilán (2019) en Jaén, con 204 granos llenos por panoja, cuando se aplicó 60 kg de $K_2O\ ha^{-1}$, bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada en dos variedades de arroz Plazas y el Valor, de propiedad de la Hacienda El Potrero.

Asimismo, los resultados fueron inferiores a los registrados por Peralta (2018) en la zona de Curimaná, con 253 granos llenos por panoja, probando el efecto de varias dosis de N y P_2O_5 con una sola dosis de K_2O (100 kg ha^{-1}) con la variedad INIA 503 “La Puntilla”.

Sobre el número de granos vanos por panoja, los resultados obtenidos en el presente estudio (24,3 granos vanos para la dosis más alta de K_2O) se manifiestan casi similares a lo reportado Gavilán (2019) en Jaén, con 27 granos vanos por panoja, cuando se aplicó 60 kg de $K_2O\ ha^{-1}$, bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada en dos variedades de arroz Plazas y el Valor, de propiedad de la Hacienda El Potrero y a lo reportado por Peralta (2018) en la zona de Curimaná, con 31 granos vanos por panoja, probando el efecto de varias dosis de N y P_2O_5 con una sola dosis de K_2O (100 kg ha^{-1}) con la variedad INIA 503 “La Puntilla”.

4.5. Peso de 1000 granos.

La variable peso de 1000 granos no muestra diferencias significativas entre tratamientos, según el análisis de varianza (Anexo 8), con un coeficiente de variabilidad de 2,77% y una baja tasa de correlación entre los datos registrados con un valor de 0,25.

La prueba de Tukey ($P < 0,05$) para esta variable, demuestra que no hubo diferencias estadísticas entre los datos reportados por cada tratamiento, observándose valores de 27,58; 27,39; 27,30 y 27,04 gr de peso por 1000 granos llenos para las dosis 220-70-250, 220-70-200, 220-70-100 y 220-70-150, respectivamente (Figura 7).

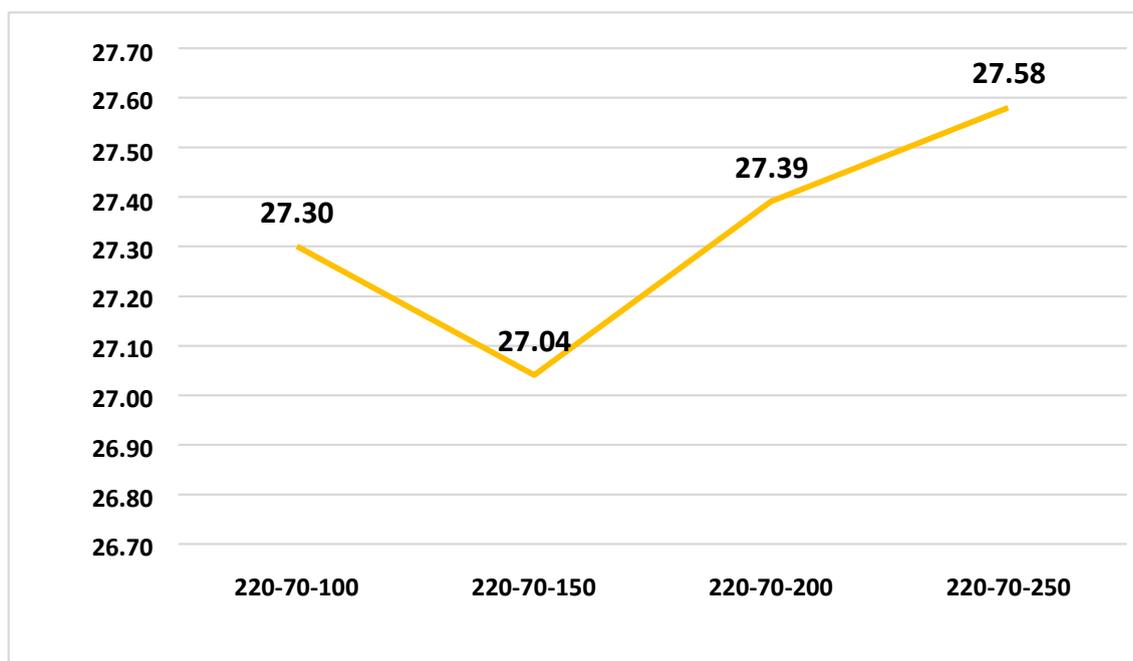


Figura 7. Peso de 1000 granos por tratamiento.

4.6. Calidad molinera.

Respecto al porcentaje de grano entero, el análisis de varianza (Anexo 9) muestra que se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos estudiados, con un coeficiente de variabilidad de 1,13% y una alta correlación entre los datos obtenidos con un valor de 0,93, debido posiblemente a la escasa variación de los datos reportados en esta evaluación.

Realizada la prueba de Tukey ($P < 0,05$) el tratamiento con la dosis de potasio 220-70-100 destaca por el mayor porcentaje de grano entero, con 67,1%, seguido de los tratamientos 220-70-250 y 22-70-200, con 65,6 y 65,4%

respectivamente, quedando en último lugar la dosis 220-70-150 con sólo 61,7% de grano entero (Figura 7).

Al respecto, Dobermann y Fairhusth (2001), citados por Palacios (2010) manifiestan que, a diferencia del efecto del potasio sobre el número de macollos por m², su presencia aumenta el número de granos por panoja, debido a su función de transporte de asimilados producto de la fotosíntesis, que van directamente al grano de arroz. Esto posiblemente sustenta los valores encontrados para el porcentaje de grano entero, similar al reportado por Contreras (2016) con la variedad "Tinajones" en Jequetepeque - La Libertad, pero superiores a lo reportado por Peralta (2018) con la variedad "La Puntilla" en Curimaná Ucayali, lo reportado por Gavilán (2019) con la variedad "El Valor", en Jaén - Cajamarca, Patiño (2015) con la variedad IR4 en Piura y Mattos (2015) con la variedad IR43 en Chepén - La Libertad, quienes obtuvieron 63, 64, 60 y 60% de grano entero respectivamente.

En relación al porcentaje de grano quebrado, el análisis de varianza (Anexo 10) señala que se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos estudiados, con un coeficiente de variabilidad de 1,13% y una alta correlación entre los datos obtenidos con un valor de 0,93, debido posiblemente a la escasa variación de los datos reportados en esta evaluación.

Desarrollada la prueba de Tukey ($P < 0,05$) el tratamiento con la dosis 220-70-150 logró el mayor porcentaje de grano quebrado con 7,07%, superando estadísticamente a los demás tratamientos, entre los que se encuentran las dosis 220-70-100, 220-70-200 y 220-70-250, con 4,1; 3,7 y 3,0%, respectivamente (Figura 7).

Para la variable rendimiento de pila total, el análisis de varianza (Anexo 12) muestra que se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos estudiados, con un coeficiente de variabilidad de 1,13% y una alta correlación entre los datos obtenidos con un valor de 0,93, debido posiblemente a la escasa variación de los datos reportados en esta evaluación.

La prueba de Tukey ($P < 0,05$) indica que, el tratamiento con la dosis 220-70100 destaca por el mayor porcentaje de pila total, con 71.3%, superando a los demás tratamientos, entre los que se menciona a 220-70-200, 220-70-250 y 220-70250 quienes sin mostrar diferencias significativas obtuvieron, sucesivamente, 69,2; 68,8 y 68,6% respectivamente (Figura 8).

En este sentido, se ha corroborado los resultados encontrados por Palacios (2010) quien caracteriza a la variedad “La Esperanza”, con 72% de rendimiento total de pila, 62% de grano entero y 10% de grano quebrado.

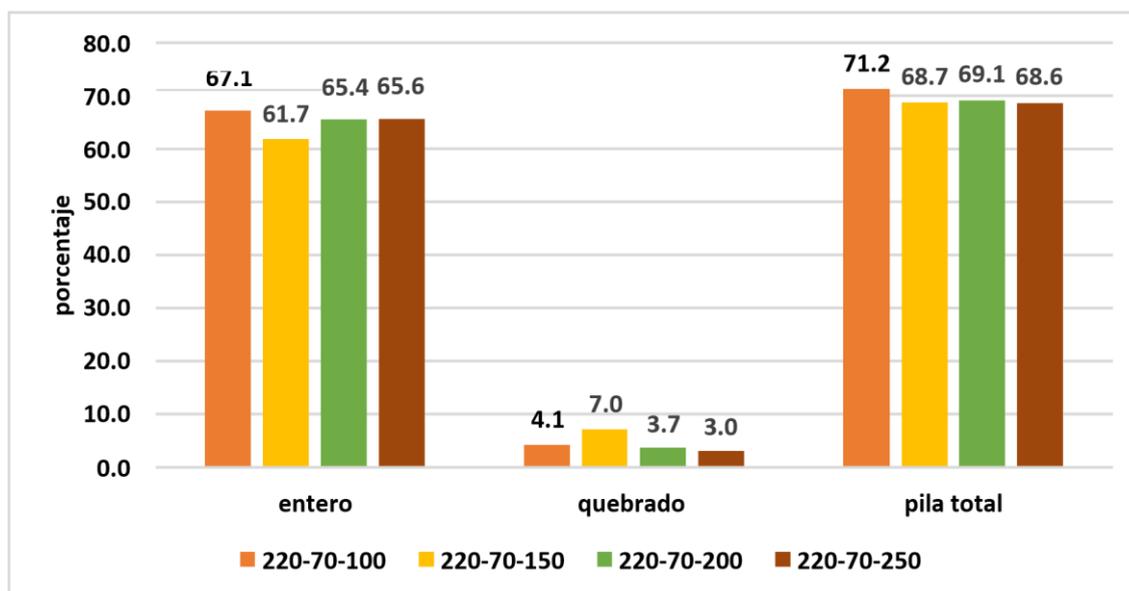


Figura 8. Calidad molinera por tratamiento.

De igual forma, los resultados encontrados fueron similares a los trabajos de fertilización con NPK que reportan Peralta (2018) en Curimaná-Ucayali, Gavilán (2019) en Jaén-Cajamarca y Contreras (2016) en Jequetepeque - La

Libertad, quienes obtuvieron en promedio 71% de rendimiento de pila, con las variedades “La Puntilla”, “El Valor” y “Tinajones”, respectivamente; pero inferiores a los que obtuvieron Mattos (2015) con la variedad IR43 en Chepén, con 74% y a Patiño (2015) con la variedad IR4 en el valle de San Lorenzo en Piura, con 72% de rendimiento de pila.

V. CONCLUSIONES.

Tomando en cuenta el objetivo general y específico de la investigación, se concluye que:

- No existe diferencias significativas entre los tratamientos estudiados para las variables rendimiento de grano por ha⁻¹, número de macollo por m², número de panojas por m², número de granos llenos por panoja y peso de 1000 granos.
- Existe diferencia significativa respecto a la calidad molinera, siendo el tratamiento T1 100 Kg de K₂O ha⁻¹ que destaca por el mayor porcentaje de pila total, con 71,2%, superando estadísticamente a los demás tratamientos.

VI. RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los resultados logrados, se recomienda lo siguiente:

- La fertilización en el cultivo de arroz se debe realizar tomando en cuenta los análisis de suelo y según los requerimientos nutricionales del cultivo y de la variedad.
- Realizar ensayos de investigación relacionados a la interacción del potasio con otros nutrientes como el nitrógeno y el fosforo en diferentes zonas arroceras de la región y en condiciones de riego y de secano.
- Repetir el ensayo utilizando otras variedades en diferentes ecosistemas.

VII. LITERATURA CITADA.

- Alva, A. 2000. Manejo integrado del cultivo de arroz. Editorial CODESE-L. Chiclayo, Perú. 358 p.
- Contreras, L. 2016. Aplicación de fósforo y micronutrientes en un sistema intensivo del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) cv. Tinajones en Jequetepeque.
- Deambrosi, E.; Méndez, R.; Castillo, J. 2015. Elementos a considerar en la inclusión de potasio en la fertilización del arroz.
- Dobermann, A.; Fairhurst, T. 2000. Arroz: Desórdenes nutricionales y manejo de nutrientes. Trad. J Espinosa. IPNI. S.I. 214 p.
- Escobar, S. 2013. Comportamiento agronómico de grano de cuatro variedades Tradiciones de arroz (*Oryza sativa* L.), a bajas dosis de nitrógeno en la zona de Boliche provincia del Guayas. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Agrarias.
- Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali. 2021. Datos meteorológicos de Curimaná durante el desarrollo del cultivo arroz variedad INIA 509.
- Ferrando, M., Fernández, M., & Barbazán, M. 2017. Respuesta del arroz a la fertilización potásica en el sistema uruguayo de manejo inundado. *Agrociencia Uruguay*, 21(2), 59-64 p.
- Gavilán, E. 2019. Efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada en dos variedades de arroz (*Oryza sativa* L.), bajo riego en la zona de Jaén, Cajamarca.
- Gómez, L., Rosales, J. & Suarez, C. 1992. Estudio climatológico de la cuenca del Aguaytía y el área de confluencia del río Pachitea con el río Ucayali. INADEAPODESA-FUNDEAGRO. Lima, Perú.

- INTA - Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, CR. 2008. Manual de Recomendaciones del Cultivo del arroz. INTA. San José, Costa Rica. 74 p.
- Isuiza, M. 2015. Estudio comparativo de cuatro niveles de fertilización química nitrogenada y su efecto en el rendimiento de 03 variedades y 02 líneas promisorias de arroz, en la EEA el porvenir-Juan Guerra-San Martín.
- Kafkafi, U. 1990. The functions of plant K in overcoming environmental stress situations. In: Proc. 22nd colloquium of IPI, pp. 81-93, held in Soligorsk, USSR, IPI, Bern.
- Maathuis, M., & Sanders, D. 1994. Mechanism of high affinity potassium uptake in roots of *Arabidopsis thaliana*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 91: 9272-9276.
- Manual para Educación Agropecuaria. 2000. Adiestramiento en Producción de Arroz. 2da Edición. INIPA. Lima – Perú. 545 p.
- Mattos, J. 2015. Efecto de la incorporación fraccionada de urea en el rendimiento de grano y calidad molinera de *Oryza sativa* L. var. ir43, en Pacanguilla, Chepén. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Trujillo.
- MINAGRI. 2016. Boletín Estadístico de la Producción Agrícola, Pecuaria y Avícola.
- Montero, F. 2004. Resúmenes curso internacional de arroz. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Montilla, L. 2011. Control químico de *Pyricularia grisea* Sacc en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), desarrollado en la Estación Experimental Agraria–El Porvenir–INIA–San Martín. Universidad Nacional de San Martín.
- Palacios, A. 2010. Arroz INIA 509 “La Esperanza”. Estación Experimental Agraria El Porvenir. San Martín, Perú. 6 p.

- Patiño, W. 2015. Influencia de dos fórmulas de abonamiento de NPK y cinco momentos de aplicación, sobre el rendimiento de y otras características en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad IR-4 en el valle de San Lorenzo. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Piura. 119 p.
- Peralta, J. 2018. Comparativo de cinco de nitrógeno (N) sobre el rendimiento y calidad molinera de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad la Puntilla en Curimaná, Ucayali. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú. 68 p.
- Pezo, U. 2009. Efecto del trasplante temprano en el rendimiento de cuatro variedades y una línea de arroz con cuatro densidades de siembra en el Bajo Mayo – San Martín. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú. 68 p.
- Porras-Araica, E. 2013. Respuesta del arroz (*Oryza sativa*. L) cultivar C-7 STEC a tres densidades de siembra, cuatro niveles de nitrógeno y dos niveles de potasio, en siembra de verano en finca La Vega, San Carlos.
- Solórzano, A. 1993. El cultivo de arroz. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú.
- Vargas, J. 1985. El arroz y su medio. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Consultado el 19 de abril del 2021.

VIII. ANEXOS.

ANEXO 1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO DEL CAMPO EXPERIMENTAL.



PERÚ

Ministerio de
Agricultura y Riego

Instituto Nacional
de Innovación Agraria

Estación Experimental
Agraria Pucallpa

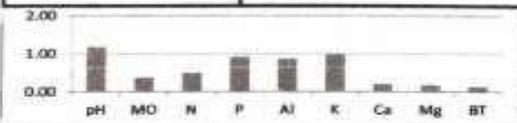
ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y ABONOS

Solicitante:	peter pescal varquez	Fecha muestreo:	6/11/2017
Procedencia:	los angeles	Fecha Recepción:	13/11/2017
Dirección Legal:	ourmana	Fecha Resultado:	20/11/2017
Solicitud Ingreso:	SUDD080EEAP-2021	Tipo Muestra:	Suelo
Ensayo Solicitado:	Caracterización	Cultivo Anterior:	arroz
Código : 248	M1	Cultivo a Instalar:	arroz
Muestreo por:	EL Solicitante	Edad del cultivo:	N/D

ANÁLISIS TEXTURAL						
Profundidad Suelo (m.)	Profundidad (cm.)	Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	Densidad Aparata (g/cm ³)
0.20	0-20	35.52%	31.92%	32.56%	Franco Arcilloso	1.33

ANÁLISIS DE FERTILIDAD										
	pH	M.O (%)	N (%)	Fósforo (p.p.m.)	Aluminio (Cmol ⁺ /Lt.)	Potasio (Cmol ⁺ /Lt.)	Calcio (Cmol ⁺ /Lt.)	Magnesio (Cmol ⁺ /Lt.)	Bases Totales (Cmol ⁺ /Lt.)	
VALORES	8.29	2.70	0.12	32.09	1.30	0.49	2.04	0.88	3.41	
Interpretación	Básico	Bajo	Medio	Alto	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	

Conductividad Eléctrica milimhos/cm a 25°C		PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE BASES				
Valor Calculado	0.02	27.90%	0.10	0.43	0.19	72.40%
Interpretación	No salino. Efecto de salinidad casi nulo	Tóxico para plantas susceptibles	Muy alto	Bajo	Bajo	Muy alto



OTRAS DETERMINACIONES QUIMICAS	
CIC efectiva (meq/100 g)	% de Saturación de Al respecto a CIC efectiva
4.71	27.90%
Muy bajo	Tóxico para plantas susceptibles

METODOLOGIA: Métodos analíticos para suelos y tejido vegetal usados en el trópico húmedo: Autores, Q.F. Oñada Ayre V. y Q.F. Rafael Román Lima -
 pH : Suelo/vagua : 1:2.5 Ca, Mg : Extrac. KCL
 CC : Nelson & Sommers K, P : Extrac. NaHCO₃-EDTA-SUPERFLOC
 P : Olsen Modificado K, Ca, Mg : Absorción Atómica
LAYO D. Apr. : Sed texture triangle hydraulic properties calculator

Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Agraria Pucallpa

[Signature]
Dra. Beatriz Salas Devita

Responsable
Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Abonos



20-11-2017

Peter Varquez Peter E.

[Signature]

42073457

Carretera Federico Bonavía km. 6
Pucallpa, Ucayali, Perú
T: (060) 772-923
E: pucallpa@inia.pe

ANEXO 2. RENDIMIENTO.

Obs	bloq	trat	vr
1	I	T1	6.23
2	I	T2	6.25
3	I	T3	3.90
4	I	T4	5.78
5	II	T1	5.74
6	II	T2	5.50
7	II	T3	5.10
8	II	T4	5.78
9	III	T1	5.24
10	III	T2	5.19
11	III	T3	6.26
12	III	T4	6.28
13	IV	T1	4.46
14	IV	T2	4.92
15	IV	T3	5.93
16	IV	T4	5.57

Sum of

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	1.24988750	0.20831458	0.33	0.9066
Error	9	5.73635625	0.63737292		
Corrected Total	15	6.98624375			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	vr Mean
0.178907	14.49416	0.798356	5.508125

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	3	0.55776875	0.18592292	0.29	0.8305
trat	3	0.69211875	0.23070625	0.36	0.7821

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for vr

sig	Mean	N	trat
A	5.8525	4	T4
A	5.4650	4	T2
A	5.4175	4	T1
A	5.2975	4	T3

sig	Mean	N	bloq
A	5.7425	4	III
A	5.5400	4	I
A	5.5300	4	II
A	5.2200	4	IV

Cuadro 5A. ANVA rendimiento

F. de V.	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Repetición	3	0.55	0.18	0.29	0.83
Tratamiento	3	0.69	0.23	0.36	0.78
Error	9	5.73	0.63		
Total	15	6.98			

ANEXO 3. NÚMERO DE MACOLLOS A LOS 30 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE.

Obs	bloq	trat	vr
1	I	T1	10.19
2	I	T2	11.63
3	I	T3	11.88
4	I	T4	13.13
5	II	T1	11.38
6	II	T2	14.06
7	II	T3	12.13
8	II	T4	13.88
9	III	T1	10.13
10	III	T2	12.44
11	III	T3	11.25
12	III	T4	14.38
13	IV	T1	10.63
14	IV	T2	11.75
15	IV	T3	11.63
16	IV	T4	13.50

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	23.98973750	3.99828958		
Error	9	2.89005625	0.32111736		
Corrected Total	15	26.87979375			

R-Square Coeff Var Root MSE vr Mean 0.892482 4.673826 0.566672
12.12438

Source DF Type I SS Mean Square F Value Pr > F bloq 3 3.14036875
1.04678958 3.26 0.0735 trat 3 20.84936875 6.94978958 21.64 0.0002

Tukey	Grouping	Mean	N	trat
A	13.7225	4		T4
B	12.4700	4		T2
CB	11.7225	4		T3
C	10.5825	4		T1

sig Mean N bloq

A	12.8625	4	II
A	12.0500	4	III
A	11.8775	4	IV
A	11.7075	4	I

Cuadro 6A. ANVA macollos primera evaluación.

F. de V.	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Repetición	3	3.14	1.04	3.26	0.07
Tratamiento	3	20.84	6.94	21.64	0.0002
Error	9	2.89	0.32		
Total	15	26.87			

ANEXO 4. NÚMERO DE MACOLLOS A LOS 60 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE.

Obs	bloq	trat	vr	
1	I	T1	15.31	
2	I	T2	18.94	
3	I	T3	20.63	
4	I	T4	19.50	
5	II	T1	15.19	
6	II	T2	17.63	
7	II	T3	19.69	
8	II	T4	19.06	
9	III	T1	15.06	
10	III	T2	17.94	
11	III	T3	18.19	
12	III	T4	18.69	
13	IV	T1	15.31	
14	IV	T2	17.25	
15	IV	T3	17.75	
16	IV	T4	19.25	

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	43.80583750	7.30097292	18.00	0.0002
Error	9	3.65070625	0.40563403		
Corrected Total	15	47.45654375			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	vr Mean
0.923073	3.570659	0.636894	17.83688

Source DF Type I SS Mean Square F Value Pr > F bloq 3 3.64856875 1.21618958 3.00
0.0878 trat 3 40.15726875 13.38575625 33.00 <.0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for vr

sig	Mean	N	trat
A	19.1250	4	T4
A	19.0650	4	T3
A	17.9400	4	T2
B	15.2175	4	T1

sig Mean N bloq

A	18.5950	4	I
A	17.8925	4	II
A	17.4700	4	III
A	17.3900	4	IV

Cuadro 7A. ANVA macollos segunda evaluación.

F. de V.	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Repetición	3	3.64	1.21	3.00	0.087
Tratamiento	3	40.15	13.38	33.00	<0.0001
Error	9	3.65	0.40		
Total	15	47.45			

ANEXO 5. NÚMERO DE MACOLLOS A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE.

Obs	bloq	trat	vr
1	I	T1	18.63
2	I	T2	18.75
3	I	T3	19.06
4	I	T4	18.38
5	II	T1	15.88
6	II	T2	17.06
7	II	T3	19.13
8	II	T4	18.81
9	III	T1	15.88
10	III	T2	16.69
11	III	T3	17.06
12	III	T4	18.50
13	IV	T1	16.69
14	IV	T2	17.63
15	IV	T3	17.94
16	IV	T4	18.06

Sum of

Source DF Squares Mean Square F Value Pr > F Model 6 12.94418750 2.15736458
3.99 0.0316 Error 9 4.87210625 0.54134514
Corrected Total 15 17.81629375

R-Square Coeff Var Root MSE vr
Mean 0.726536 4.142948 0.735762 17.75938
Source DF Type I SS Mean Square F Value Pr > F bloq
3 5.82511875 1.94170625 3.59 0.0594 trat 3
7.11906875 2.37302292 4.38 0.0367

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for vr

sign	Mean	N	trat
A	18.4375	4	T4
B	18.2975	4	T3
B	17.5325	4	T2
B	16.7700	4	T1

Sign	Mean	N	bloq
A	18.7050	4	I
B	17.7200	4	II
B	17.5800	4	IV
B	17.0325	4	III

Cuadro 8A. ANVA macollos tercera evaluación.

F. de V.	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Repetición	3	5.82	1.94	3.59	0.05
Tratamiento	3	7.11	2.37	4.38	0.036
Error	9	4.87	0.54		
Total	15	17.81			

ANEXO 6. NÚMERO DE PANOJAS POR METRO CUADRADO.

Obs	bloq	trat	vr
1	I	T1	240
2	I	T2	192
3	I	T3	208
4	I	T4	208
5	II	T1	192
6	II	T2	192
7	II	T3	192
8	II	T4	208
9	III	T1	192
10	III	T2	192
11	III	T3	208
12	III	T4	192
13	IV	T1	192
14	IV	T2	192
15	IV	T3	192
16	IV	T4	192

Sum of					
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	994.375000	165.729167		
		1.16	0.4032		
Error	9	1284.562500	142.729167		
Corrected Total	15	2278.937500			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	vr
Mean	0.436333	7.754600	11.94693
	154.0625		

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	3	229.6875000	76.5625000		
trat	3	764.6875000	254.8958333	1.79	0.2197

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

for vr sig Mean N trat

A	164.250	4	T4
A	156.000	4	T1
A	150.250	4	T3
A	145.750	4	T2

sig	Mean	N	bloq
A	157.250	4	I
A	156.750	4	III
A	154.500	4	II
A	147.750	4	IV

Cuadro 9A. ANVA panojas por metro cuadrado.

F. de V.	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Repetición	3	48.50	16.16	0.72	0.56
Tratamiento	3	5.31	1.77	0.08	0.97
Error	9	202.56	22.50		
Total	15	256.37			

ANEXO 7. NÚMERO DE GRANOS LLENOS POR PANOJA.

Obs	bloq	trat	vr							
1	I	T1	148.2							
2	I	T2	139.9							
3	I	T3	145.4							
4	I	T4	146.7							
5	II	T1	151.0							
6	II	T2	153.4							
7	II	T3	149.3							
8	II	T4	139.6							
9	III	T1	145.4							
10	III	T2	149.7							
11	III	T3	148.3							
12	III	T4	155.3							
13	IV	T1	150.5							
14	IV	T2	147.8							
15	IV	T3	149.4							
16	IV	T4	147.2							
Sum of										
Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	Model	6	53.8187500	8.9697917	0.40
		0.8624								
Error	9	202.5606250	22.5067361							
Corrected Total	15		256.3793750							
R-Square		Coeff Var	Root MSE	vr						
Mean	0.209918	3.206710	4.744126	147.9438						
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F	bloq				
	3	48.50687500	16.16895833	0.72	0.5656	trat	3			
		5.31187500	1.77062500	0.08	0.9700					
Tukey's Studentized Range				(HSD)	Test for vr					
sig	Mean	N	trat							
A	148.775	4	T1							
A	148.100	4	T3							
A	147.700	4	T2							
A	147.200	4	T4							
sig	Mean	N	bloq							
A	149.675	4	III							
A	148.725	4	IV							
A	148.325	4	II							
A	145.050	4	I							

Cuadro 10A. ANVA granos llenos.

F. de V.	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Repetición	3	48.50	16.16	0.72	0.56
Tratamiento	3	5.31	1.77	0.08	0.97
Error	9	202.56	22.50		
Total	15	256.37			

ANEXO 8. NÚMERO DE GRANOS VANOS POR PANOJA.

Obs	bloq	trat	vr
1	I	T1	23.0
2	I	T2	21.0
3	I	T3	24.8
4	I	T4	21.6
5	II	T1	24.2
6	II	T2	23.4
7	II	T3	25.8
8	II	T4	29.0
9	III	T1	24.0
10	III	T2	22.5
11	III	T3	25.2
12	III	T4	23.5
13	IV	T1	22.4
14	IV	T2	22.1
15	IV	T3	20.6
16	IV	T4	23.3

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Sum of Pr > F
Model	6	39.68000000	6.61333333	2.49	0.1057
Error	9	23.91000000	2.65666667		
Corrected Total	15	63.59000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	vr
Mean 0.623997	6.928495	1.629928	23.52500

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F	bloq	trat
		29.07000000	9.69000000	3.65	0.0572	3	3
		10.61000000	3.53666667	1.33	0.3240		

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for vr

sig	Mean	N	trat
A	24.350	4	T4
A	24.100	4	T3
A	23.400	4	T1
A	22.250	4	T2

sig	Mean	N	bloq
A	25.600	4	II
A	23.800	4	III
A	22.600	4	I
A	22.100	4	IV

Cuadro 11A. ANVA granos vanos.

F. de V.	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Repetición	3	29.07	9.69	3.65	0.05
Tratamiento	3	10.61	3.53	1.32	0.32
Error	9	23.91	2.65		
Total	15	63.59			

ANEXO 9. PESO DE 1000 GRANOS.

Obs	bloq	trat	vr
1	I	T1	26.83
2	I	T2	27.01
3	I	T3	27.16
4	I	T4	27.91
5	II	T1	27.94
6	II	T2	27.07
7	II	T3	27.36
8	II	T4	26.09
9	III	T1	27.11
10	III	T2	26.90
11	III	T3	28.48
12	III	T4	28.72
13	IV	T1	27.62
14	IV	T2	27.19
15	IV	T3	26.58
16	IV	T4	27.62

Sum of

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	Model	6	1.74768750	0.29128125	0.510.7900
Error	9	5.18040625	0.57560069							
Corrected Total	15	6.92809375								

R-Square	Coeff Var	Root MSE	vr
Mean 0.252261	2.774043	0.758684	27.34938

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F	bloq	3
	1.13796875	0.37932292	0.66	0.5976	trat	3	0.60971875
	0.20323958	0.35	0.7882				

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

for vr	sig Mean	N	trat
A	27.5850	4	T4
A	27.3950	4	T3
A	27.3750	4	T1
A	27.0425	4	T2

sig Mean	N	bloq	
A	27.8025	4	III
A	27.2525	4	IV
A	27.2275	4	I
A	27.1150	4	II

Cuadro 12A. ANVA peso de 1000 granos.

F. de V.	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Repetición	3	1.13	0.37	0.66	0.59
Tratamiento	3	0.60	0.20	0.35	0.78
Error	9	5.18	0.57		
Total	15	6.92			

ANEXO 10. PORCENTAJE DE GRANO ENTERO.

Obs	bloq	trat	vr
1	I	T1	67.3
2	I	T2	61.0
3	I	T3	65.6
4	I	T4	65.6
5	II	T1	66.9
6	II	T2	63.0
7	II	T3	66.7
8	II	T4	65.9
9	III	T1	68.0
10	III	T2	60.8
11	III	T3	64.7
12	III	T4	65.3
13	IV	T1	66.5
14	IV	T2	62.1
15	IV	T3	64.9
16	IV	T4	65.7

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	Model
	6	66.43500000	11.07250000			
		20.48	<.0001			
Error	9	4.86500000	0.54055556			
Corrected Total	15	71.30000000				

R-Square	Coeff Var	Root MSE	vr
Mean 0.931767	1.131115	0.735225	65.00000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F	bloq
	3	2.14500000	0.71500000			
		1.32	0.3264			
		trat	3	64.29000000	21.43000000	39.64
						<.0001

Tukey's Studentized Range (HSD) Test
for vr Tukey

Grouping	Mean	N	trat
A	67.1750	4	T1
B	65.6250	4	T4
B	65.4750	4	T3
C	61.7250	4	T2

sig	Mean	N	bloq
	65.6250	4	II
	64.8750	4	I
	64.8000	4	IV
	64.7000	4	III

Cuadro 13A. ANVA porcentaje grano entero.

F. de V.	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Repetición	3	2.14	0.71	1.32	0.30
Tratamiento	3	64.29	21.43	39.64	<0.0001
Error	9	4.86	0.54		
Total	15	71.30			

ANEXO 11. PORCENTAJE DE GRANO QUEBRADO.

Obs	bloq	trat	vr
1	I	T1	4.0
2	I	T2	7.5
3	I	T3	3.9
4	I	T4	2.7
5	II	T1	4.3
6	II	T2	6.5
7	II	T3	2.8
8	II	T4	2.9
9	III	T1	3.4
10	III	T2	7.8
11	III	T3	4.2
12	III	T4	3.3
13	IV	T1	5.0
14	IV	T2	6.5
15	IV	T3	4.1
16	IV	T4	3.1

Sum of

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	39.00500000	6.50083333		
Error	9	3.33500000	0.37055556		
Corrected Total	15	42.34000000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	vr
Mean	0.921233	13.52739	0.608733
	4.500000		

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F	bloq	trat
3	0.81000000	0.27000000	0.73	0.5603		3	
	38.19500000	12.73166667	34.36	<.0001			

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for vr

sig	Mean	N	trat
A	7.0750	4	T2
B	4.1750	4	T1
B	3.7500	4	T3
B	3.0000	4	T4

sig	Mean	N	bloq
A	4.6750	4	III
A	4.6750	4	IV
A	4.5250	4	I
A	4.1250	4	II

Cuadro 14A. ANVA grano quebrado.

F. de V.	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Repetición	3	0.81	0.27	0.73	0.56
Tratamiento	3	38.1	12.73	34.36	<0.0001
Error	9	3.33	0.37		
Total	15	42.34			

ANEXO 12. PORCENTAJE DE PILA TOTAL.

Obs	bloq	trat	vr
1	I	T1	71.3
2	I	T2	68.5
3	I	T3	69.5
4	I	T4	68.3
5	II	T1	71.2
6	II	T2	69.5
7	II	T3	69.5
8	II	T4	68.8
9	III	T1	71.4
10	III	T2	68.6
11	III	T3	68.9
12	III	T4	68.6
13	IV	T1	71.5
14	IV	T2	68.6
15	IV	T3	69.0
16	IV	T4	68.8

Sum of

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	Model
6	19.37000000	3.22833333	35.01	<.0001	Error	9
0.83000000	0.09222222	Corrected Total	15	20.20000000		

R-Square	Coeff Var	Root MSE	vr
Mean 0.958911	0.436951	0.303681	69.50000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F	bloq
3	0.35500000	0.11833333	1.28	0.3381	trat	3
19.01500000	6.33833333	68.73	<.0001			

Tukey's Studentized Range (HSD) Test

for vr sig Mean N trat

A	71.3500	4	T1
B	69.2250	4	T3
B	68.8000	4	T2
B	68.6250	4	T4

sig Mean N bloq

A	69.7500	4	II
A	69.4750	4	IV A
	69.4000	4	I
A	69.3750	4	III

Cuadro 15A. ANVA pila total.

F. de V.	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Repetición	3	0.35	0.11	1.28	0.33
Tratamiento	3	19.01	6.33	68.73	<0.0001
Error	9	0.83	0.09		
Total	15	20.20			

ANEXO 13. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS.



Figura 9A. Almácigo de arroz Oriza Sativa Variedad Esperanza.



Figura 10A. Parcela experimental donde se realizó los tratamientos.



Figura 11A. Alineamiento y siembra de las semillas en el área del bloque experimental.



Figura 12A. Primera evaluación de macollos de la planta por m².



Figura 13A. Control de malezas de forma manual en la parcela.



Figura 14A. Cosecha de muestras de cada parcela experimental.



Figura 15A. Muestras del tratamiento 3 del campo experimental.

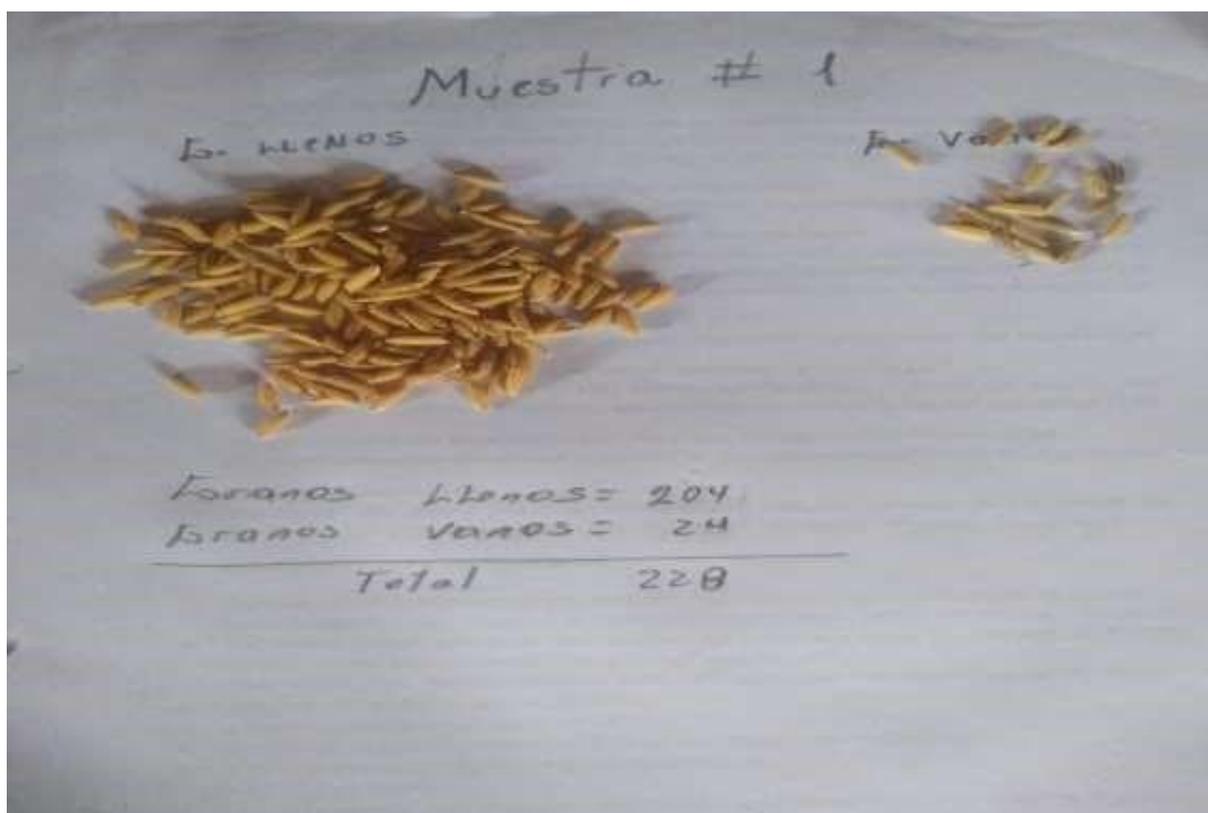


Figura 16A. conteo de números de granos, llenos y vanos del T3.



Figura 17A. Calidad molinera del grano.



Figura 18A. Toma de % de humedad del grano.