



UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"
Facultad de Agronomía



"COMPARACIÓN DE DOS FERTILIZANTES (NITRATO DE POTASIO Y SULFATO DE POTASIO) Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ (ORYZA SATIVA), VARIEDAD TINAJONES EN EL VALLE DE ZAÑA"

TESIS

**OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGRÓNOMO**

AUTOR

JUAN JOSÉ TEODORO BRIONES FALLA

ASESOR

GILBERTO CHAVEZ SANTACRUZ

Lambayeque – Perú 2019

Dr. Francisco Regalado Díaz
Decano. Facultad de Agronomía

Ing. Gilberto Chávez Santa Cruz
Jefe Dpto. Fitotecnia

Ing. Jorge Zeña Callacna
Presidente del Jurado

Ing. Neptalí Peña Orrego
Secretario del Jurado

Ing. Diomedes Bocanegra Irigoin
Vocal de Jurado

Ing. Gilberto Chávez Santa Cruz
Asesor

Briones Falla Juan José Teodoro
Responsable

DEDICATORIA

A Dios, por ser quien ha guiado mis pasos durante toda mi vida y es quien me mantiene de pie día a día. A mis familiares y amigos, quienes siempre tuvieron para mí una palabra de apoyo durante mis estudios y la realización de mi tesis.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, gracias a Dios por brindarme el don tan grande de la vida y bendecirme día a día, permitiéndome gozar de la compañía de mis familiares y amigos.

A mis padres, quienes me apoyan día a día humilde e incondicionalmente con todo su amor.

A mi asesor, por su desinteresada y generosa labor, transmisión de saber y sugerencias para mi investigación.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	2
Agradecimiento.....	3
Resumen.....	9
Introducción.....	10

CAPÍTULO I: Planteamiento del problema

1.1. Realidad problemática.....	12
1.1.1. Situación problemática.....	12
1.1.2. Formulación del problema.....	13
1.1.3. Justificación del problema.....	13
1.2. Marco de referencia del problema.....	14
1.2.1. Antecedentes.	14
1.2.2. Aspectos teóricos.	16
1.2.3. Bases teóricas.	17
1.2.4. Definición de términos.	20
1.3. Objetivos.....	20
1.3.1. Objetivo general.	20
1.3.2. Objetivos específicos.	20

CAPÍTULO II: Marco Teórico

2.1. Nitrato de potasio.....	21
2.1.1. Conceptos.	21
2.1.2. Características	21
2.1.2.1. Características físicas.	21
2.1.2.2. Características químicas.	21
2.2. Sulfato de potasio.....	22
2.2.1. Conceptos.	22
2.2.2. Características.....	23
2.2.2.1. Características físicas.	23
2.2.2.2. Características químicas.....	23
2.3. El arroz.....	24
2.3.1. Clasificación taxonómica.....	24
2.3.2. Ciclo de vida.....	25
2.3.2.1. Fase vegetativa.	25
2.3.2.2. Fase reproductiva.	25
2.3.2.3. Fase de maduración.	26
2.3.3. Condiciones ecológicas del cultivo de arroz.	26
2.3.3.1. Antecedentes experimentales.....	27

2.3.4. Fertilización del cultivo de arroz.	30
2.3.4.1. Importancia.	31
2.3.4.2. Dosis de fertilización de NPK.	31
2.3.4.3. Potasio en el cultivo de arroz.	32
2.3.4.3.1. Funciones y movilidad del potasio.	33
2.3.4.3.2. Síntomas y deficiencias del potasio.	34
2.3.5. Origen del cultivar Tinajones.	34
2.3.6. Características del cultivar tinajones.	35
2.3.6.1. Calidad.	36

CAPÍTULO III: Materiales Y Métodos

3.1. objeto de estudio.....	37
3.2. Características de la investigación.....	37
3.2.1. Fase de campo.	37
3.2.1.1. Ubicación geográfica.	37
3.2.1.2. Características climáticas.	37
3.2.1.3. Características físicas del suelo.	38
3.2.1.4. Características del campo experimental.	38
3.3. Población y muestra de estudio.....	39
3.3.1. Población.	39
3.3.2. Muestra.	39
3.4. Materiales de campo y escritorio.....	39
3.4.1. Materiales de campo.	39
3.4.2. Materiales de escritorio.	39
3.5. Factores de estudio.....	40
3.6. Establecimiento conducción del experimento.....	41
3.6.1. Preparación del terreno.	41
3.6.2. Siembra.	42
3.6.3. Fertilización química.	42
3.6.4. Control fitosanitario y de malezas.	42
3.7. Métodos y procedimientos de evaluación durante el experimento.....	43
3.8. Análisis estadístico de los datos.....	43
3.8.1. Coeficiente de variabilidad.	45
3.8.2. Estadística no paramétrica.	46
3.9. Aspectos de la investigación.....	47
3.9.1. Cronograma de actividades.	47
3.9.2. Presupuesto.	48
3.9.2.1. Material de escritorio.	48
3.9.2.2. Material de campo, insumos.	48
3.9.2.3. Gastos administrativos.	49
3.10. Financiamiento.....	49

CAPÍTULO IV: Resultados y Discusión

4.1. Prueba de los supuestos del análisis de varianza.....	50
4.1.1. El supuesto de normalidad.	50
4.1.2. Homogeneidad de Varianzas.	51
4.2. Rendimiento de arroz en grano.	53
4.3. Número de granos llenos por panoja.	58
4.4. Número de granos por metro cuadrado.....	62
4.5. Número de panojas por golpe.....	66
4.6. Número de panojas por metro cuadrado.....	69
4.7. Peso de granos por metro cuadrado.....	73
4.8. Medidas de relación.....	76
4.8.1. Correlaciones de Pearson para los atributos evaluados.	76
4.8.2. Regresiones de las dosis de los fertilizantes versus los atributos evaluados.	77
4.9. Regresión múltiple.....	79
4.10. Análisis multivariado.....	80
4.10.1. Análisis de componente principal para las variables evaluadas.	80
4.11. Gráfica de puntuación para las variables evaluadas.....	82
4.12. Análisis económico.	83
4.13. Optimo económico.....	85
4.14. Análisis de regresión polinomial.....	86
4.14.1. Análisis de regresión polinomial: RDTO vs. NITRATO.	86
4.14.2. Análisis de regresión polinomial: RDTO vs. SULFATO.	86
CONCLUSIONES.....	87
RECOMENDACIONES.....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Características físicas del nitrato de potasio	22
Tabla 2- Características químicas del nitrato de potasio	22
Tabla 3- Características físicas del sulfato de potasio	23
Tabla 4- Características químicas del sulfato de potasio	23
Tabla 5 - Tabla tratamientos a evaluar.....	40
Tabla 6- Modelo de análisis estadístico	41
Tabla 7- Control fitosanitario y de malezas.....	42
Tabla 8- Características evaluadas	43
Tabla 9- Coeficiente de Variabilidad	46
Tabla 10- Coeficiente de Variabilidad	46
Tabla 11- Croquis.....	47
Tabla 12- Material de escritorio.....	48
Tabla 13- Material de campo	48

Tabla 14- Gastos administrativos	49
Tabla 15- Prueba de varianzas iguales: Rendimiento/Ha vs. Combinaciones.....	52
Tabla 16- Prueba de varianzas iguales: Rendimiento/Ha vs. Tratamientos.....	53
Tabla 17- Análisis de Varianza para rendimiento en grano en la comparación de dos fertilizantes (nitrato de potasio y sulfato de potasio) y su influencia en el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa), variedad Tinajones en el Valle de Zaña.	55
Tabla 18 - Rendimiento de grano, según fertilizantes y su influencia en el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa), variedad Tinajones en el Valle de Zaña.....	55
Tabla 19- Rendimiento de grano, según dosis y su influencia en el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa), variedad Tinajones en el Valle de Zaña.	56
Tabla 20 - Rendimiento de grano, según tratamientos y su influencia en el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa), variedad Tinajones en el Valle de Zaña..	57
Tabla 21- Contrastes	57
Tabla 22 - Análisis de varianza para número de granos llenos por panoja.....	60
Tabla 23 - Número de granos llenos, según fertilizantes.....	60
Tabla 24-Número de granos llenos, según dosis.....	60
Tabla 25- Número de granos llenos por panoja, según tratamientos	61
Tabla 26 - Análisis de varianza para número de granos/m ²	63
Tabla 27- Número de granos/m ² , según fertilizantes.....	64
Tabla 28- Número de granos/m ² , según dosis.	64
Tabla 29 - Número de granos/m ² , según tratamientos.	65
Tabla 30-Análisis de varianza para número de panojas/golpe.	67
Tabla 31 - Número de panojas/golpe, según fertilizantes.	67
Tabla 32-Número de panojas/golpe, según dosis.....	67
Tabla 33-Número de panojas/golpe, según tratamientos.	68
Tabla 34 - Análisis de varianza para número de panojas/m ²	70
Tabla 35 - Número de panojas/m ² ., según fertilizantes.....	71
Tabla 36- Número de panojas/m ² ., según dosis.	71
Tabla 37 - Número de panojas/m ² , según tratamientos.....	72
Tabla 38 - Análisis de varianza para peso de granos/m ²	74
Tabla 39 - Peso de granos/m ² , según fertilizantes.....	74
Tabla 40-Peso de granos/m ² , según dosis.....	74
Tabla 41 - Peso de granos/m ² , según tratamientos.....	75
Tabla 42 - Correlaciones de Pearson para los atributos evaluados.	76
Tabla 43- Coeficientes de regresión y estadísticos asociados.....	77
Tabla 44- Análisis de varianza de la regresión de las dosis de fertilización versus Rendimiento/Ha	77
Tabla 45- Análisis de varianza de la regresión de las dosis de fertilización versus Número de granos llenos/panoja.....	77
Tabla 46- Análisis de varianza de la regresión de las dosis de fertilización versus numero de granos/m ²	78
Tabla 47- Análisis de varianza de la regresión de las dosis de fertilización versus N° de panojas/golpe.....	78
Tabla 48- Análisis de varianza de la regresión de las dosis de fertilización versus N° de panojas/m ²	78

Tabla 49- Análisis de varianza de la regresión de las dosis de fertilización versus Peso de granos/m ²	79
Tabla 50- Regresión múltiple	80
Tabla 51- Análisis de los valores y vectores propios de la matriz de correlación	81
Tabla 52- Tabla Análisis económico en la comparación de dos fertilizantes (nitrato de potasio y sulfato de potasio) y su influencia en el rendimiento del cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i>), variedad Tinajones en el Valle de Zaña.	84
Tabla 53- Rendimiento en grano con las dos fuentes	85
Tabla 54- Análisis de varianza	86
Tabla 55- Análisis de varianza secuencial	86

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1- Croquis de distribución de tratamientos y repeticiones	39
Ilustración 2- Contrastes ortogonales	44
Ilustración 3- Secuencia de pasos para el cálculo de contrastes ortogonales usando InfoStat	45
Ilustración 4 - Probabilidad de rendimiento	51
Ilustración 5 - Rendimiento de grano, según dosis	56
Ilustración 6 - Rendimiento de grano, según tratamiento	58
Ilustración 7 - Número de granos llenos, según hoja	61
Ilustración 8 - Número de granos llenos por panoja, según tratamientos	62
Ilustración 9 - Número de granos/m ² , según dosis	64
Ilustración 10- Número de granos/m ² , según tratamientos	65
Ilustración 11- Número de panojas/golpe, según dosis	68
Ilustración 12- Número de panojas/golpe, según tratamientos	69
Ilustración 13- Número de panojas/m ² , según dosis	71
Ilustración 14- Número de panojas/m ² , según tratamientos	72
Ilustración 15- Peso de granos/m ² , según dosis	75
Ilustración 16- Peso de granos/m ² , según tratamientos	76
Ilustración 17- Gráfica de sedimentación de Rendimiento/Ha, ..., Peso de granos/M ²	81
Ilustración 18- Gráfica de puntuación para las variables evaluadas	82
Ilustración 19- Rendimiento de arroz en grano	85

Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó en el Valle de Zaña, sector Huabal, en el terreno del Sr. Pedro Franca Baca, ubicado a 48 km de la ciudad de Chiclayo durante los meses de febrero a junio del 2018. Esta investigación tiene como objetivo principal incrementar el rendimiento de arroz en cáscara con la aplicación del nitrato de potasio y sulfato de potasio en la variedad tinajones. Para ello, las labores fueron las propias del cultivo experimental, por consiguiente, se evaluaron 7 tratamientos incluido un testigo en 3 repeticiones empleándose el diseño de bloques completos al azar con una comparación ortogonal. Para tal efecto se evaluaron además los datos biométricos de planta, panícula y rendimiento de arroz en grano. La importancia de este trabajo radica en que los productores arroceros obtendrán mayores rendimientos en cuanto a calidad y productividad con la aplicación del nitrato de potasio y sulfato de potasio. Asimismo, se encontró aceptar la hipótesis: si aplicamos fertilizantes potásicos al cultivo de arroz, entonces obtendremos un mayor rendimiento de este. Esta investigación concluye que la aplicación de nitrato de potasio incrementó 700 kilos de arroz en cáscara por hectárea a dosis de 75 kg/ha, representando una ganancia del 5.58% respecto al testigo. Por su parte, el sulfato de potasio incrementó en 896.67 kg/ha, representando un aumento de 7.14%, respecto al testigo, en forma semejante al nitrato. Además, los mejores rendimientos se obtuvieron con la dosis de 75 kg/ha tanto de nitrato de potasio como de sulfato de potasio, logrando rendimientos de 13250.0 y 13446.67 kilos de arroz en cáscara por hectárea, respectivamente. La variable que más influyó en el rendimiento de grano fue: número de granos por planta, con un coeficiente de determinación de $R^2 = 88.7\%$. Asimismo, las mejores variables que explican el trabajo son número de granos llenos por panoja y numero de panojas por metro cuadrado. Finalmente, el tratamiento más rentable fue sulfato de potasio-75 kg/ha, con un beneficio de S/. 8553.3 y un índice de rentabilidad de 2.37.

Palabras clave: nitrato de potasio, sulfato de potasio, rendimiento, arroz

Introducción

El arroz es un cultivo vital no solo por su área de siembra, sino también por la gran demanda de mano de obra que requiere. Además, es un alimento básico para más de la mitad de la población mundial.

Según el Instituto Nacional de Innovación Agraria, los últimos 30 años la producción de arroz en el Perú ha crecido 4,88 veces, pasando de 587,269 toneladas a 2,867.176; y este crecimiento se ha dado por el incremento del área sembrada como de la productividad del cultivo.

A pesar que estas cifras no abastecen la demanda nacional, la dependencia agroclimática del Perú y el compromiso con el desarrollo sustentable del sector agrícola para garantizar alimentos en cantidad y calidad suficientes para la población, obliga a todos los comprometidos con el agro a asumir responsabilidades que posibiliten enfrentar dicho reto buscando alternativas que permitan superar el potencial de rendimiento de las variedades de arroz que actualmente se cultivan.

La presente investigación consta de cuatro capítulos. El primero trata sobre la realidad problemática, marco de referencia del problema y objetivos de la investigación. El segundo capítulo contiene investigación bibliográfica y definiciones relacionadas al tema. Por otro lado, en el tercer capítulo se presenta el diseño de la investigación. Finalmente, en el cuarto capítulo se tienen los resultados y la discusión de los datos obtenidos para la justificación y efectividad de la investigación.

Esta investigación tiene como objetivos: incrementar el rendimiento del arroz con la aplicación del nitrato de potasio y sulfato de potasio en la variedad tinajones; determinar la dosis óptima para obtener altos rendimientos en el cultivo de arroz; determinar la influencia del nitrato de Potasio en el rendimiento del cultivo de arroz; determinar la influencia del sulfato de Potasio en el rendimiento del cultivo de arroz.

Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1 Realidad problemática

1.1.1 Situación problemática

El arroz (*Oryza sativa* L) pertenece a la familia Poaceae, que es un grano alimenticio básico para la población, por ello se configura como un componente preponderante para la estabilidad económica, política y social. Asimismo, desempeña un rol importante en la alimentación debido a su hábito de creciente consumo en la comunidad.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la producción mundial de arroz hasta el 2017 ascendió de 2,1 millones de toneladas a 756,7 millones de toneladas, lo cual refleja la mejora de las perspectivas e intereses de los países en cuanto a este cultivo.

En América Latina, el arroz se concibe como un producto de vital importancia para la seguridad alimenticia y la reducción de la pobreza. Con 758,8 millones de toneladas, la producción de arroz en América Latina durante el 2017 se sitúa con un 0,8 por ciento por encima de la estimación durante el 2016.

Asimismo, en la última década la producción arrocería peruana llegó a abastecer el mercado interno y a generar excedentes, los cuales han sido exportados a países vecinos como Colombia y Ecuador, donde la calidad del arroz peruano es cada vez más apreciada.

Hasta el 2017, el cultivo de arroz ocupó el primer puesto dentro del PBI agrícola a nivel nacional, con una superficie de producción aproximada de 388, 549 hectáreas de capacidad, las cuales mantienen un indicador de rendimiento de 7,5 toneladas por hectárea.

En ese contexto, Según el Ministerio de Agricultura y Riego, la producción del arroz cáscara creció a un ritmo de 2,4% anual del 2001 al 2017. En el 2001 se produjeron 2 millones 28 mil toneladas, y en el 2017 se llegó a los tres millones 39 mil.

En esos 17 años se observa una tendencia ascendente en la producción nacional, con excepción del 2004, año en el que se produjo solo 1 millón 845 mil toneladas. El incremento de la producción en el periodo 2001- 2017 fue impulsado por una mayor superficie cosechada (creció 2% por año) y el incremento del rendimiento en 0,4% anualmente.(Ministerio de Agricultura y Riego, 2018, p.1)

El arroz es un alimento básico entre sus consumidores y, para la región de Lambayeque, es un cultivo económicamente viable. Solo hasta el 2016, la superficie cosechada fue de 49 mil 831 hectáreas, con una producción de 399 mil 38 toneladas y un rendimiento de 8 tn.

1.1.2 Formulación del problema

¿Cuál es la influencia del nitrato de potasio y el sulfato de potasio en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa*) variedad Tinajones en el Valle de Zaña, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2018?

1.1.3 Justificación del problema

La ejecución de la presente investigación se justifica porque el arroz es el tercer cultivo más importante del mundo y una parte esencial de la canasta familiar para los habitantes de cualquier localidad, además es un producto básico para los hogares.

El presente estudio es importante para que los agricultores de arroz en la variedad tinajones se sientan satisfechos al lograr una mejor calidad y cantidad de cosecha.

La investigación tiene relevancia social porque los productores arroceros obtendrán mayores rendimientos en cuanto a calidad y productividad con la aplicación del nitrato de potasio y sulfato de potasio. Asimismo, la investigación es práctica porque la actividad arrocera constituye una de las actividades económicas productivas más importantes del área en estudio.

Finalmente, en ciertos casos la fertilidad del suelo se ve afectada por la extracción de nutrientes, por ello la propuesta que se pretende es conveniente porque se estima que la aplicación del nitrato de potasio y sulfato de potasio eleven la productividad de estos suelos.

1.2 Marco de referencia del problema

1.2.1 Antecedentes

- Leydi Contreras Fajardo (2016) en su tesis «Aplicación de fósforo y micronutrientes en un sistema intensivo del cultivo de arroz (*oryza sativa* L.) Tinajones - Jequetepeque», Universidad Nacional Agraria - La Molina, da a conocer que a causa del monocultivo del arroz la fertilidad del suelo se ve afectada por la extracción continua de los macro y micro nutrientes. Finalmente, concluye que es conveniente usar fósforo y ciertos micronutrientes para mejorar la calidad física y nutritiva de los alimentos.
- Patiño (2015) en su investigación titulada «Influencia de dos fórmulas de abonamiento NPK y cinco momentos de aplicación sobre el rendimiento y otras características en el cultivo de arroz (*oryza sativa* L.) variedad IR-43 en el Valle San Lorenzo», realizada en la Universidad Nacional de Piura concluye que para la variedad de arroz en estudio y bajo las condiciones ecológicas y de manejo agronómico donde se llevó a cabo el trabajo de investigación se recomienda emplear la fórmula de abonamiento

F2 (200-80-150 kg.NPK/ha.). Asimismo, aplicar el primer abonamiento a los 21 días después del trasplante. Finalmente, ensayar nuevas fórmulas de abonamiento NPK, y con otras variedades de arroz.

- Colina (2011) en su tesis «Determinación del efecto de microelementos en combinación con un programa de fertilización química sobre el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), variedad INIAP 15 bajo sistema de riego en la zona de Babahoyo», realizada en la Universidad Técnica de Babahoyo concluye que la aplicación de micronutrientes sobre los suelos es de vital importancia en los métodos de producción de cultivos, pues el contenido de estos elementos es fundamental ya que muchos de ellos son claves en el desarrollo de tejidos específicos, variando y dependiendo de los suelos debido principalmente a las condiciones climáticas, prácticas de cultivos, rotación de las cosechas y residuos de cosechas.

1.2.2 Aspectos teóricos

1.2.2.1 Nitrato de potasio

1.2.2.1.1 Conceptos

1.2.2.2.2 Características

1.2.2.2.2.1 Características físicas

1.2.2.2.2.1 Características químicas

1.2.2.2 Sulfato de potasio

1.2.2.2.1 Conceptos

1.2.2.2.2 Características

1.2.2.2.2.1 Características físicas

1.2.2.2.2.2 Características químicas

1.2.2.3 El arroz

1.2.2.3.1 Clasificación taxonómica

1.2.2.3.2 Ciclo de vida

1.2.2.3.2.1 Fase vegetativa

1.2.2.3.2.2 Fase reproductiva

1.2.2.3.2.3 Fase de maduración

1.2.2.3.3 Condiciones ecológicas del cultivo de arroz

1.2.2.3.4 Fertilización del cultivo de arroz

1.2.2.3.4.1 Importancia

1.2.2.3.4.2 Dosis de fertilización de NPK

1.2.2.3.4.3 Potasio en el cultivo de arroz

1.2.2.3.4.3.1 Funciones y movilidad del potasio

1.2.2.3.4.3.2 Síntomas y deficiencias del potasio

1.2.2.3.5 Origen del cultivar Tinajones

1.2.2.3.6 Características del cultivar Tinajones

1.2.2.3.6.1 Calidad

1.2.3 Bases teóricas

➤ Clasificación taxonómica del arroz

Según Zúñiga (como se citó en Zapata, 2015), el cultivo de arroz presenta la siguiente clasificación taxonómica:

- Reino: Plantae
- División: Angiospermas
- Clase: Monocotiledóneas
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Tribu: Oryzeae
- Género: Oryza
- Especie: Oryza sativa L.

La Food and Nutrition Division (2004) sostiene que “en muchas regiones del mundo, el arroz es el componente más importante del régimen alimentario humano, de manera que es necesario que el tazón diario de arroz sea seguro y de calidad aceptable para el consumidor”(p.3).

Para ello deben aplicarse prácticas agrícolas aceptables cuando se cultiva el arroz y se controlan las plagas. Después de la cosecha, la elaboración, el almacenamiento y la distribución eficientes en la finca deben garantizar que la calidad no se deteriore.

El arroz es una planta con estructura adaptada para el desarrollo bajo condiciones semiacuáticas y acuáticas. El sistema radicular consta de una raíz seminal de corta duración

y raíces secundarias de origen adventicio que forman un fascículo poco profundo. Los tallos son huecos y más o menos redondos, formados por nudos y entrenudos que varían en número y tamaño según los cultivares. De cada nudo nace una hoja y una yema capaz de producir un nuevo tallo o macollo, que a su vez forman nuevos macollos. Asimismo, las hojas son largas, más o menos angostas, compuestas por vaina, limbo y cuello, donde se insertan la lígula y las aurículas. La panoja es una inflorescencia constituida por flores hermafroditas y unifloras, compuestas por seis estambres y un ovario bífid y plumoso que envuelve a un solo óvulo. El fruto es una cariósipide envuelta por las glumas y la semilla propiamente dicha está constituida por el endospermo y el embrión. (González, como se citó en Rodríguez, 2017)

Cabe precisar que, “existe un momento óptimo de cosecha para la obtención del máximo porcentaje de grano entero y su relación con altos contenidos de humedad del grano al momento de la siega”(Hidalgo, 2005).

Además, conforme la cosecha se realiza más alejada del 50 % de la floración, el porcentaje de grano entero disminuye y se incrementa el porcentaje de grano quebrado, pues la sobremaduración produce un resquebrajamiento interno del grano. Sin embargo, para que un cultivar sea considerado de buena calidad molinera, debe superar el 68% de rendimiento de pila y debe presentar más del 50% de grano entero. (Hidalgo, 2005)

Es preciso recalcar que la siembra de variedades de alto rendimiento y el manejo adecuado de los cultivos permiten obtener mayor cantidad de grano por cada kilogramo de fertilizante aplicado, hasta un nivel óptimo de respuesta. El conocimiento de cómo los nutrientes contribuyen a aumentar los rendimientos durante las etapas de desarrollo es importante

porque permite un uso eficiente de los fertilizantes. (Frey, Baquero, Carbajal y Villota, 1991, p.9)

Frey et al. (1991) refieren que “el rendimiento en grano de un cultivo de arroz está determinado por el número de panículas por unidad de área, por el número de espiguillas por panícula, por el tamaño de la cáscara y por el peso de los granos”(p.9).

En cuanto a las funciones e importancia de los nutrimentos en la planta de arroz precisan que “la mayor o menor cantidad de granos es el resultado de la relación entre la fotosíntesis y la respiración, actividades que están directa o indirectamente influenciadas por el contenido de nutrimentos” (p.10).

De otro lado, en torno a síntomas de deficiencia, la Planta Formuladora, Mezcladora y Envasadora de Fertilizantes (2007) afirma que “uno de los más comunes es el quemado en los bordes de las hojas; y que en la mayoría de las plantas aparece primero en las hojas más viejas; especialmente en las gramíneas”.

Asimismo, el potasio (K) es esencial en la síntesis de proteínas y ayuda a la planta a hacer un uso más eficiente del agua, promoviendo la turgencia (rigidez producida por un suministro adecuado de agua en las células de las hojas) para mantener la presión interna de la planta. También es importante en la formación del fruto, en la translocación de metales pesados tales como el hierro (Fe) y en el balance iónico. El K activa numerosos sistemas enzimáticos y controla su velocidad de reacción; además mejora la calidad del grano. (Frey et al., 1991, p.11)

1.2.4 Definición de términos

- **Influencia:** Según la Real Academia de la Lengua Española, (2014) «poder o autoridad con cuya intervención se puede obtener una ventaja».
- **Potasio:** El potasio actúa principalmente como un activador en el metabolismo de las proteínas y carbohidratos, participa en la abertura y cierre de estomas y tiene funciones de regulación osmótica (Fuentes, 2014).
- **Rendimiento:** Según la Real Academia de la Lengua Española, (2014) «producto o utilidad que rinde algo o alguien».

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Incrementar el rendimiento del arroz en cáscara con la aplicación del nitrato de potasio y sulfato de potasio en la variedad tinajones.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la dosis óptima para obtener altos rendimientos en el cultivo de arroz.
- Determinar la influencia del nitrato de Potasio en el rendimiento del cultivo de arroz
- Determinar la influencia del sulfato de Potasio en el rendimiento del cultivo de arroz.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Nitrato de potasio

2.1.1 Conceptos

El nitrato potásico es la fuente más usada de potasio en fertirrigación, estando su consumo muy generalizado en todo tipo de cultivos, tanto anuales como permanentes. Además, estimula el crecimiento vegetativo de las plantas. Al ser aplicado no deja ningún residuo, aportando solo elementos útiles, pues es soluble en su totalidad. Al aportar el nitrógeno en forma nítrica, no retenida por el suelo, su reparto es muy homogéneo. Asimismo, la ausencia de cloro es una ventaja para las plantaciones de frutas cítricas y tabaco. También se usa en la producción de fertilizantes líquidos y es un importante constituyente de los fertilizantes multinutrientes. (Fumex, 2005, p.1)

Asimismo, el nitrato de potasio es la sal potásica del ácido nítrico y se obtiene del tratamiento del cloruro de potasio con ácido nítrico concentrado. Todo el nitrógeno presente se encuentra en forma nítrica y es de inmediata disponibilidad para las plantas. Además, se presenta como un sólido blanco cristalino o perlado. (YPF,2000,p.1)

2.1.2 Características

2.1.2.1 Características físicas

Fumex señala que “por exposición al aire seco pierde una molécula de agua; es amargo, soluble en agua y poco soluble en alcohol”(p.1).

Tabla 1- Características físicas del nitrato de potasio

CONTENIDO	PORCENTAJE
Fórmula química	KNO ₃
Sinónimo	Sal inorgánica, sal peter
Apariencia	Blanco – cristalina granular
Solubilidad a 20°C	36g/100cc

Fuente: Fúmex

Elaboración: propia

2.1.2.2 Características químicas

Tabla 2- Características químicas del nitrato de potasio

CONTENIDO	PORCENTAJE
N total	13%
N – NO ₃	13%
K ₂ O	46%
K	38.1%
PH (solución al 10%)	7,5 – 8,5 (a 20°C)

Fuente: Molinos & Cia

Elaboración: propia

2.2 Sulfato de potasio

2.2.1 Conceptos

El potasio (K) es un nutriente esencial para las plantas y junto al fósforo (P) y al nitrógeno (N) son los tres nutrientes primarios de todo cultivo que se absorben por las raíces en forma iónica K⁺. En la planta no forma compuestos orgánicos y es esencial para la síntesis de proteínas. Además, ayuda a regular el balance hídrico e iónico; mejora la resistencia a enfermedades de las plantas y ayuda a tolerar períodos de sequía. Mejora la calidad de frutos entregando aroma, color, y tiempo en góndola. (YPF, 2000, p.2)

El sulfato de potasio es la fuente de potasio común en aquellos cultivos sensibles al agregado de cloruros. No existe en estado natural y su origen es el refinado de ciertos minerales como langbeinita; kieserita, alunita entre otros.

Por su parte, la International Plant Nutrition Institute (2003) señala que “el fertilizante potásico es comúnmente utilizado para mejorar el rendimiento y la calidad de las plantas creciendo en suelos sin una adecuada oferta de este nutriente esencial”(p.1).

2.2.2 Características

2.2.2.1 Características físicas

Tabla 3- Características físicas del sulfato de potasio

Temperatura de fusión	1067°C
Temperatura de ebullición	1670°C
Densidad relativa	2,66
Solubilidad en agua g/ml	1 g / 8.3 ml de agua a 25°C
Estado físico, color y olor	Sólido, gránulos o polvo blanco a cristalino sin olor

Fuente: UABC

Elaboración: propia

2.2.2.2 Características químicas

Tabla 4- Características químicas del sulfato de potasio

Fórmula químicas	K_2SO_4
Contenido de K_2O	50%
Contenido de S	18 %
Solubilidad en agua	(25 °C): 120 g/L
pH solución	aprox.7

Fuente: Molinos & Cia

Elaboración: Propia

2.3 El arroz

El arroz es una planta anual adaptada para desarrollarse bajo condiciones semiacuáticas y acuáticas, con un sistema radicular bastante ramificado y superficial. Los tallos son cilíndricos y huecos formados por una serie de nudos y entrenudos que varían en número y tamaño según los cultivares. Además, las hojas son largas, más o menos angostas, compuestas por vaina, limbo y cuello donde se insertan la lígula y las aurículas. La panoja es una inflorescencia, constituida por flores hermafroditas y unifloras compuestas por seis estambres y un ovario bífido y plumoso que envuelve a un solo óvulo. El fruto es una cariósipide envuelto por las glumas y la semilla propiamente dicha está constituida por el endospermo y el embrión. (Gonzáles, como se citó en Rodríguez, 2017).

2.3.1 Clasificación taxonómica

Según Zúñiga (como se citó en Zapata, 2015), el cultivo de arroz presenta la siguiente clasificación taxonómica:

- Reino: Plantae
- División: Angiospermas
- Clase: Monocotiledoneas
- Orden: Poales
- Familia Poaceae
- Tribu: Oryzeae
- Género: Oryza
- Especie: Oryza sativa L.
- Ciclo de vida

El desarrollo progresivo de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo que comprende un ciclo completo desde la germinación de la semilla hasta la maduración. A nivel varietal existe un patrón general que puede variar dependiendo de las características genéticas y el ambiente dentro del que se destaca la temperatura y el fotoperiodo. El ciclo de vida de una planta de arroz en el trópico varía entre los 110 Y 150 días. Variedades con ciclos superiores a los 150 días por lo general son sensibles al fotoperiodo y normalmente no se siembran. (Hernández, 1984)

El ciclo de vida del cultivo de arroz se divide en tres etapas principales: Fase vegetativa, reproductiva y de maduración.

2.3.2 Ciclo de vida

2.3.2.1 Fase vegetativa

La fase vegetativa, expone Hernández, se extiende desde la germinación de la semilla hasta la iniciación de la panícula. Esta etapa se considera como una de las principales debido a que es donde se va a desarrollar el macollamiento, y además se ubica la mayor parte de la fertilización, buscando el inicio del primordio floral. En esta etapa de formación de la panícula, son de vital importancia el Nitrógeno y el Potasio.

2.3.2.2 Fase reproductiva

La fase reproductiva abarca desde la iniciación de la panícula hasta la floración. En condiciones normales, esta etapa tarda 30 días en todas las variedades y es aquí donde deben estar disponibles los nutrientes que se aplicaron en la fase anterior. (Hernández, 1984)

Esta etapa es de mucha importancia para asegurar un buen amarre de la flor y el espigamiento, de ahí que se busca proteger de insectos y enfermedades, así como el complemento con la nutrición foliar en el adecuado suministro de Fosforo y micronutrientes con el fin de prepararse para un excelente llenado del grano.

2.3.2.3 Fase de maduración

Hernández (1984) manifiesta que “esta etapa abarca desde la floración hasta la madurez. Al igual que la anterior, esta etapa también dura aproximadamente 30 días”(p.64).

2.3.3 Condiciones ecológicas del cultivo de arroz

De Datta y Hernández (como se citaron en Castillo, 2016) señalan que “los factores climáticos que más influyen en la producción arroceras son la temperatura, la radiación solar y el agua, puesto que afectan directamente los procesos fisiológicos incluyendo la producción en grano e indirectamente por la presencia de plagas y enfermedades”(p.3).

Los requerimientos térmicos del arroz varían de acuerdo a la etapa de desarrollo de la planta, sin embargo, la temperatura mínima para el cultivo oscila entre 20 °C con una media de 28 - 32 °C y una máxima de 35 °C. Asimismo, una temperatura menor de 20 °C diurna o nocturna ocasiona esterilidad de las espiguillas. Del mismo modo, una temperatura mayor a 35° C en la época de floración ocasiona esterilidad de los granos.

De acuerdo con los expertos, los suelos requeridos por el cultivo de arroz deben ser lo más planos posibles y en especial suelos pesados, arcillosos, retentivos, con buen drenaje y un PH, entre 6.5 y 8.5.

2.3.3.1 Antecedentes experimentales

En cuanto a la participación de los elementos como el nitrógeno, el fósforo y el potasio en el cultivo de arroz, Ortega señala que:

Al evaluar el uso del nitrógeno y su optimización en la producción de dos variedades de arroz se concluyó que el mayor rendimiento de 9,058 kg./ha., lo obtuvo con la variedad IR-43, superando a la variedad Tinajones, que arrojó un rendimiento de 7,654 kg. /ha. (Ortega, 2006)

En cuanto al nitrógeno, el mayor rendimiento de 11,205 kg. /ha., de arroz cáscara se alcanzó con la dosis de 240 kg.N./ha., superando al resto de dosis de nitrógeno en estudio. Entre 160 y 320 kg.N./ha. no se encontró diferencias significativas, cuyos rendimientos fueron de 9,467 y 10,020 kg. /ha. de arroz cáscara, sin embargo superaron a la dosis de 80 kg.N./ha. que obtuvo 7,201 kg. /ha. y superior a la dosis de 0 kg.N./ha., cuyo rendimiento fue de 3,885 kg. /ha., de arroz cáscara.

Asimismo, se encontró una tendencia cuadrática incrementándose los rendimientos hasta 240 kg.N./ha., donde se alcanza el máximo rendimiento de 11,205 kg. /ha. para luego decrecer a 320 kg.N./ha., con 10,020 kg./ha. La misma respuesta se observó para el resto de características morfoproductivas de las variedades de arroz en estudio.

Por su parte, García (2011) al ensayar diferentes niveles de nitrógeno y fósforo en la variedad de arroz IR-43 en el valle de San Lorenzo, obtuvo el mayor rendimiento de 12,439 kg. /ha. de arroz cáscara, con la dosis de 230 kg.N./ha., superando a 276 kg.N./ha., que alcanzó 11,659 kg./ha., y superior a la dosis de 184 kg.N./ha. con un rendimiento de 9,549 kg./ha., de arroz cáscara. Los mayores promedios tanto para rendimiento como para sus

componentes y calidad molinera se obtuvieron con la aplicación de 230 kg.N./ha., y 120 kg. P₂₀sf/ha. Los mayores incrementos tanto para el rendimiento como para sus componentes, se lograron al pasar de la dosis de 184 a 230 kg.N./ha., con cierta tendencia a estabilizarse a la dosis de 276 kg.N./ha.

De acuerdo con Ping Yuan y Qin Fu, las plántulas vigorosas son importantes para obtener altos rendimientos y armonizar las contradicciones entre el desarrollo individual y el desarrollo de la población. Se caracterizan por tener más macollos, una buena capacidad de enraizamiento, la parte basal del tallo más amplia, más materia seca y más haces vasculares en la hoja basal.

“En gran medida, el papel de las plántulas vigorosas en el aumento del rendimiento se basa en la promoción del crecimiento y de las funciones del sistema radical. La mejora de la calidad de las plántulas tiene un efecto promocional continuo sobre el crecimiento y sobre las funciones del sistema radical desde el momento del macollaje hasta el fin del período de crecimiento” (Ping Yuan y Qin Fu, 2012).

Los estudios demostraron que una plántula que macolla rápidamente recupera muy pronto su color verde después del trasplante y acumula de 7,2 a 11,3% más de materia seca que una plántula sin macollos en el momento de la iniciación de la espigazón. Además, una plántula bien macollada da lugar a un alto porcentaje de macollos fructíferos, a panojas más grandes y a una mayor formación de semillas. Más aún, la densidad de siembra puede ser reducida, ya que los macollos producidos pueden sustituir las plántulas obtenidas de semillas.

Para obtener un alto rendimiento es necesario establecer una población de arroz que haga pleno uso de la energía solar y de la fertilidad del suelo. El rendimiento del arroz está

determinado por tres factores: el número de panojas productivas, el número de espiguillas por panoja y el peso del grano. En general, estos factores son fácilmente afectados por la densidad de siembra y por el nivel de fertilidad y usualmente se encuentra una correlación negativa entre el número de panojas y el número de espiguillas por panoja. Por lo tanto, la constitución de la población del arroz debería ser planificada de forma racional, con un número adecuado de plántulas trasplantadas que asegure un número suficiente de panojas sin una disminución en el número de espiguillas por panoja.

Por su parte, Hidalgo manifiesta que existe un momento óptimo de cosecha para la obtención del máximo porcentaje de grano entero y su relación con altos contenidos de humedad del grano al momento de la siega. Conforme la cosecha se realiza más alejado del 50% de la floración, el porcentaje de grano entero disminuye y se incrementa el porcentaje de grano quebrado, pues la sobremaduración produce un resquebrajamiento interno del grano. Asimismo, indica que para que un cultivar sea considerado como de buena calidad molinera, debe superar el 68% de rendimiento de pila y debe presentar más del 50% de grano entero. (Hidalgo, 2005)

Del mismo modo, Vargas (2002) señala que el crecimiento de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo que comprende desde la germinación hasta la maduración del grano. En todo este proceso la planta va acumulando materia seca, lo que se conoce como rendimiento de biomasa. La cantidad de materia seca producida depende del material genético, de los factores ambientales y de la disponibilidad de nutrimentos, pero el patrón de acumulación de materia seca es similar en todas las variedades de arroz. Las variedades modernas de alto rendimiento permiten obtener mayor cantidad de grano por unidad de fertilizante aplicado, hasta un nivel óptimo de respuesta.

El número de panículas por unidad de área, el número de espiguillas llenas y el peso del grano, que son las principales variables que determinan el rendimiento del grano de arroz, están correlacionadas con la cantidad de nutrimentos absorbidos por la planta durante sus etapas de desarrollo. Por esta razón, conocer la cantidad óptima de los diferentes nutrimentos que la planta necesita en esas etapas de desarrollo es muy importante para hacer un uso eficiente de los fertilizantes y maximizar los rendimientos. (Vargas, 2002).

2.3.4 Fertilización del cultivo de arroz

La fertilización consiste en suministrar una cantidad razonable de nutrimentos cuando la planta lo demanda durante sus diferentes etapas de desarrollo. Esto se determina mediante la extracción de nutrientes del cultivo y el análisis del suelo.

Los nutrientes absorbidos en mayor cantidad por la planta de arroz son silicio, potasio, nitrógeno. El calcio, fósforo, azufre y magnesio los absorben en cantidades medianamente altas y los micronutrientes boro, cobre, hierro, zinc, manganeso, cloro y molibdeno son absorbidos en cantidades muy bajas. (Vargas, 2002, p.6)

Las concentraciones de fósforo, potasio, hierro, manganeso y silicio aumentan en la solución del suelo después de la inundación, en cambio, la concentración de zinc disminuye. Por ello no es tan fundamental la fertilización con fósforo en sistemas de producción por inundación, sin embargo, es necesario aplicar este elemento cuando la temperatura es desfavorable para el crecimiento de arroz y en suelos que nunca hayan sido fertilizados con este nutriente. (Tanaka, 1976, p.6)

2.3.4.1 Importancia

La utilización de fertilizantes es imprescindible en todos los cultivos, pues incrementan la producción y productividad de los mismos y proporcionan los requerimientos nutricionales a lo largo del ciclo vegetativo.

“Los fertilizantes son las sustancias orgánicas o inorgánicas, naturales o sintéticas, capaces de proporcionar a las plantas uno o más elementos para su normal desarrollo, o bien para mejorar la fertilidad de los suelos” (Tisdale y Nelson, como se citó en Contreras, 2016).

Para establecer un programa de fertilización hay que considerar una serie de factores que impiden alcanzar el potencial productivo en el arroz, tales como: la degradación del suelo, una adecuada selección de fertilizantes con dosis, métodos y periodos de aplicación correctos, variedades de alto rendimiento y riegos que garanticen un balance adecuado en la nutrición de la planta de arroz, que eviten problemas relacionados en el sistema suelo-agua-cultivo.

2.3.4.2 Dosis de fertilización de NPK

El nitrógeno es el nutrimento más aplicado en el cultivo del arroz, pues es el más limitante y el de mayor respuesta.

“Las dosis de nitrógeno se deben establecer en base a experimentos de campo que combinen los factores variedad-nitrógeno-densidad, en cada una de las regiones y durante las diferentes épocas de siembra” (CIAT, 1982, p.7).

En suelos secos o en condiciones aeróbicas el nitrógeno es transformado en nitratos. En suelos inundados (en ausencia de oxígeno) no se forman nitratos, sino que ocurre la

acumulación de N en formas amoniacales, que son consideradas más provechosas por el cultivo de arroz (Vargas, 2002).

“Las plantas de arroz aprovechan del 40% al 60% del nitrógeno aplicado bajo inundación constante, pero solamente entre el 20% y el 30% con riegos intermitentes” (Sánchez y Calderón, 1970, citado por Gavidia, 2003).

En la costa norte del Perú, los niveles de nitrógeno varían de 180 a 240 kg/ha. Además, para los cultivares tipo IR, la fertilización con 320 kg/ha de nitrógeno se promueve con el contenido óptimo en las hojas. Desde este punto de vista, es la más adecuada para lograr buenos rendimientos (Hernández, Ricio, Sánchez y Calderón, citados por Gavidia, 2003). Debido a altas tasas de fotosíntesis causadas por altas radiaciones solares, la absorción de nitrógeno por la planta también debe ser alta.

2.3.4.3 Potasio en el cultivo de arroz

Se ha determinado un efecto significativo de las aplicaciones de este elemento sobre el rendimiento de arroz y la severidad de la enfermedad "pudrición del tallo", ya que plantas bien nutridas con potasio son menos susceptibles al ataque del hongo que causa la enfermedad, comparadas con plantas deficientes.

Sánchez (1970) manifiesta que las dosis recomendadas varían entre 30 y 120 kg K₂O /ha, utilizando las dosis mayores cuando la dosis de nitrógeno es alta. El potasio puede ser aplicado a la forma de sulfato de potasio (50 % K₂O y 18 %), preferentemente de presembrado incorporado junto al fósforo en suelo seco, o con fangueo.

2.3.4.3.1 Funciones y movilidad del potasio

El potasio al actuar en la apertura y cierre de estomas tiene relación con la difusión de CO_2 en los tejidos verdes de la planta, que es el primer paso de la fotosíntesis. También, el potasio es esencial en la actividad de las enzimas. Por otra parte, el potasio le da resistencia a la planta de arroz contra enfermedades y a condiciones adversas del clima, la sequía, por ejemplo. También favorece el macollamiento y el tamaño de los granos.

El potasio es absorbido en forma continua en todas las fases de desarrollo de la planta de arroz hasta el final de la etapa lechosa del grano y luego decae. A diferencia del nitrógeno y fósforo, solo una pequeña cantidad de potasio (menos del 12%) es acumulado en los granos y cerca del 89% del K absorbido por la planta, se distribuye a la paja del arroz (tallos y hojas) y eventualmente regresa al suelo. (González, como se citó en Rodríguez, 2017)

De acuerdo con Tinarelli (1989), la utilidad de la fertilización potásica, más que por un aumento de la producción, se manifiesta por:

- Obtención de mayor rendimiento de grano entero.
- Favorece el macollamiento y el peso del grano.
- Maduración más rápida y completa.
- Superior resistencia al encamado y al ataque de parásitos principalmente en condiciones de alto contenido de nitrógeno en el suelo.
- Las aplicaciones de potasio fomentan la resistencia de las plantas de arroz a ciertas enfermedades y a los efectos adversos de las condiciones climáticas desfavorables.

- Interviene en el metabolismo de las plantas, tales como la actividad de las enzimas, regulación de la turgencia osmótica y el transporte de los asimilados.
- Mejora la dureza de las membranas y paredes celulares.
- También contribuye a una mayor superficie de fotosíntesis y crecimiento del cultivo debido a un incremento en el área y contenido en clorofila en las hojas.
- Influye positivamente en la salud de las plantas debido al aumento de su tolerancia a condiciones climatológicas adversas, encamado; plagas y enfermedades.

2.3.4.3.2 Síntomas y deficiencias del potasio

Fageria (citado por Patiño, 2015) afirma que la carencia de potasio origina el marchitamiento o quemado de los márgenes de las hojas cerca del ápice, primero en las más viejas. Las plantas crecen lentamente, tienen un sistema radical mal desarrollado, con tallos débiles y a medida que la deficiencia es más severa, el tejido se torna clorótico en la punta y márgenes de la hoja, posteriormente muere y las hojas se enrollan. El tejido no afectado permanece verde oscuro y las hojas se mantienen erectas.

2.3.5 Origen del cultivar Tinajones

Este cultivar es producto de un triple cruce entre la línea avanzada Thailand KN 3-2-3-2, proveniente de Tailandia; la variedad IR 43 proveniente del International Rice Research Institute (IRRI, Filipinas); y la variedad Porvenir 95 (CT 5747-38-1-1^a-1BRH-1P), proveniente del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Este cruce denominado PNA 2421 fue realizado por el Programa de Arroz del INIA en el año 1995, desde entonces los fitomejoradores de esta institución fueron seleccionando las plantas con los mejores

atributos, evaluándolas bajo diversas localidades y condiciones hasta lograr la obtención de esta variedad (Instituto Nacional de Investigación Agraria, 2007).

2.3.6 Características del cultivar tinajones

El cultivar tinajones es de ciclo semiprecoz, madura aproximadamente entre 7 y 10 días antes que el cultivar IR 43. El potencial de rendimiento de este cultivar es similar al de IR 43. En parcelas experimentales ha llegado a producir 14 t/ha de arroz cáscara en Lambayeque, más de 15 t/ha en La Libertad y Piura, y más de 16 t/ha en Arequipa (Instituto Nacional de Investigación Agraria, 2007).

Según el INIA, esta variedad presenta las siguientes características:

- Origen: Perú - INIA- Chiclayo
- Altura de planta: 94 - 110 cm
- Período vegetativo: 135 días
- Longitud de panoja: 22 cm.
- Peso de 1 000 granos: 28 gramos
- Tamaño de grano: Largo: 9.82 mm., y ancho 2.82 mm.
- Desgrane: Resistente
- Rendimiento de pila: 74.00%
- Grano entero: 65.00%
- Grano quebrado: 9.00%

- Apariencia grano pilado: Trasluciente
- Rendimiento potencial: 10 - 12 TM/Ha
- Adaptación: Valles de la Costa
- Reacción al quemado: Resistente
- Reacción a la mosquilla: Moderadamente resistente
- Reacción a sogata: Susceptible
- Reacción a la sequía: Medianamente resistente

2.3.6.1 Calidad

El grano de INIA 508 - Tinajones es largo, delgado y translucido. Este cultivar tiene una excelente calidad molinera. En todas las pruebas a las que ha sido sometido supera en rendimiento de grano entero al cultivar IR 43 y presenta menor presencia de zonas opacas en el grano. (Instituto Nacional de Investigación Agraria, 2007)

Capítulo III: Materiales Y Métodos

3.1 Objeto de estudio

La presente investigación plantea como objeto de estudio a la comparación de dos fertilizantes como el nitrato de potasio y el sulfato de potasio y su influencia en el rendimiento del cultivo de arroz, variedad tinajones en el valle de Zaña.

3.2 Características de la investigación

3.2.1 Fase de campo

3.2.1.1 Ubicación geográfica

- Departamento: Lambayeque
- Provincia: Chiclayo
- Distrito: Zaña
- Sector: Huabal
- Latitud Sur: 6°55'15" Sur
- Longitud Oeste: 79° 34' 54" Oeste
- Altitud: 46 m.s.n.m.

3.2.1.2 Características climáticas.

- | | |
|-------------------------------|--------|
| ➤ Temperatura media anual: | 22.5 ° |
| ➤ Humedad Relativa: | 85% |
| ➤ Precipitación media anual: | 39 mm |
| ➤ Velocidad de viento máxima: | 13Km/h |

3.2.1.3 Características físicas del suelo

- Textura: Franco arcilloso
- Topografía: Plana

3.2.1.4 Características del campo experimental

La unidad experimental está constituida por 3 bloques, los cuales constan de 6 tratamientos y 1 testigo.

Del ensayo:

- Largo efectivo: 62 m
- Ancho efectivo: 35 m
- Área efectiva: 2170 m²

Del Bloque:

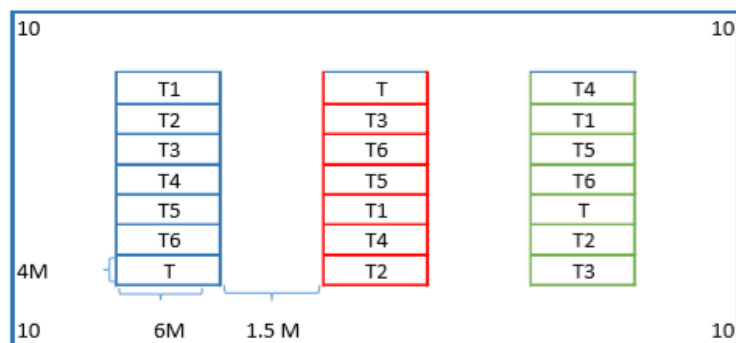
- Largo efectivo: 42 m
- Ancho efectivo: 4 m
- Área efectiva: 168 m²
- Nro. de bloques: 3

De los tratamientos:

- Largo efectivo: 6m
- Ancho efectivo: 4 m

- Área efectiva: 24 m²
- Nro. de tratamientos: 6

Ilustración 1- Croquis de distribución de tratamientos y repeticiones



3.3 Población y muestra de estudio

3.3.1 Población

La población está constituida por todas las plantas de arroz de la variedad Tinajones que se encuentran en el campo.

3.3.2 Muestra

Está constituida por todas las plantas que conforman el experimento, el cual consta de 24 metros cuadrados.

3.4 Materiales de campo y escritorio

3.4.1 Materiales de campo

Se empleó estacas de madera, cinta métrica, pajarrafia de colores, bolsas de papel, entre otros.

3.4.2 Materiales de escritorio

Lapicero, libreta de campo, engrapador, regla, plumones, computadora.

3.5 Factores de estudio

- Fertilizantes:

F1) Nitrato de potasio

F2) sulfato de potasio

- Dosis:

➤ 25 kg/ha

➤ 50 kg/ha

➤ 75 kg/ha

Tratamiento (2 x 3=6) más un testigo absoluto= 7 tratamientos

Tabla 5 - Tabla tratamientos a evaluar

Tratamiento	Codificación	Descripción
T1	F1-D1	Nitrato de potasio - 25 kg/ha
T2	F1-D2	Nitrato de Potasio – 50 kg/ha
T3	F1-D3	Nitrato de potasio – 75kg/ha
T4	F2-D1	Sulfato de potasio – 25 kg/ha
T5	F2-D2	Sulfato de potasio – 50 kg/ha
T6	F2-D3	Sulfato de potasio – 75 kg/ha
T7	Testigo	Sin aplicación

Tabla 6- Modelo de análisis estadístico

Fuentes de Variación	G.L.	Suma de cuadrados
Bloques.	2	SC repeticiones
Tratamientos	6	SC tratamientos
Fert (F)	1	SC Fertilizantes
Dosis (D)	2	SC dosis
F X D	2	SC F x D
Test Vs Fertilizados	1	SC Test Vs F
Error	$(t-1)(r-1)=12$	SC error
Total	20	SC total

3.6 Establecimiento conducción del experimento

3.6.1 Preparación del terreno.

a. Preparación del terreno

El suelo para la poza de almácigo y trasplante fue arado, cruzado y nivelado en seco, luego se trazaron los bordos de las pozas y fueron remojadas.

b. Preparación de la semilla y almácigo

Simultáneamente con la inundación de las pozas para almácigo, se procedió a pre germinar la semilla remojándola por 24 horas, una vez que las semillas estuvieron completamente hinchadas se procedió al abrigo durante 24 horas hasta que el coleóptilo alcanzó 1mm. Luego el voleo de la semilla se realizó. A los dos días se retiró el agua de la poza por tres días, para favorecer el enraizamiento de las plantas.

3.6.2 Siembra

En cuanto al trasplante, se realizó el 15 de febrero, a los 28 días después del voleo de la semilla. El tipo de trasplante utilizado fue el tradicional.

3.6.3 Fertilización química

Los fertilizantes y las dosis que se usaron en el experimento fueron los siguientes:

- Urea: 600 kg/ha (276 kg de N/ha)
- Sulfato de amonio: 200 kg/ha (42 kg de N/ha)
- Fosfato diamónico: 100 kg/ha (18 kg de N/ha y 46 kg de P₂O₅/ha)
- Sulfato de potasio: 150 kg/ha (75 kg de K₂O/ha)

Dosis total : 336 – 46 – 75 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O

3.6.4 Control fitosanitario y de malezas

Tabla 7- Control fitosanitario y de malezas

Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis
Herbicidas		
Bullet	Bispyribac sodium	100 ml/ha
Bentagran	Bentazone	1 Lt/ha
Insecticidas		
Skirla	Emamectin benzoato	100 gr/ha
Exploit	Fipronil	250 ml/ha
Vivoral	Thiamethoxam	100 gr/ha
Phasma	Thiamethoxam + lambdacyhalothrin	250 gr/ha
Fungicidas		
Croplan	Carbendazina	500 ml/ha
Bolero	Difeconazole+propiconazole	250 ml/ha
Azostar	Azoxystrobin	100 gr/ha

3.7 Métodos y procedimientos de evaluación durante el experimento

Tabla 8- Características evaluadas

N° de golpes	
N° de panojas/golpe	
N° de panojas/M2	
Granos llenos/panoja	
N° de granos/M2	
Peso de granos/M2	
Rendimiento/Ha	

3.8 Análisis estadístico de los datos

Se realizó el análisis estadístico de las evaluaciones. Además, el diseño experimental que se empleó en el presente trabajo de investigación fue el de bloques completos al azar (BCA) en arreglo factorial ($2 \times 3 = 6$). También, se agregó un testigo. Asimismo, se efectuaron los ANAVA, previa verificación de los supuestos; se determinó el coeficiente de variabilidad (CV); de igual manera, se utilizó la prueba de significación Duncan al 5% para tratamientos; se efectuaron las comparaciones ortogonales para comparar los fertilizantes vs el testigo, para lo cual se usarán los coeficientes ortogonales previamente calculados.

Contrastes ortogonales según UNC(Universidad nacional de Córdoba Argentina) www.infostat.com.ar



La subventana contrastes disponible en la ventana principal del ANAVA permite obtener la significancia de contrastes postulados sobre los parámetros del modelo.

Un contraste es definido como una combinación lineal de los parámetros del modelo (Montgomery, 1991).

En el análisis de varianza los contrastes generalmente toman la forma $a_1M_1 + a_2M_2 + \dots + a_kM_k$ (donde los coeficientes a_i son constantes conocidas, al menos dos distintos de cero y su suma es cero, M_i es la i -ésima media poblacional.). Los contrastes permiten hacer comparaciones entre medias planeadas previamente al análisis de la varianza.

InfoStat permite controlar la ortogonalidad de los contrastes propuestos marcando la opción 'controlar ortogonalidad'.

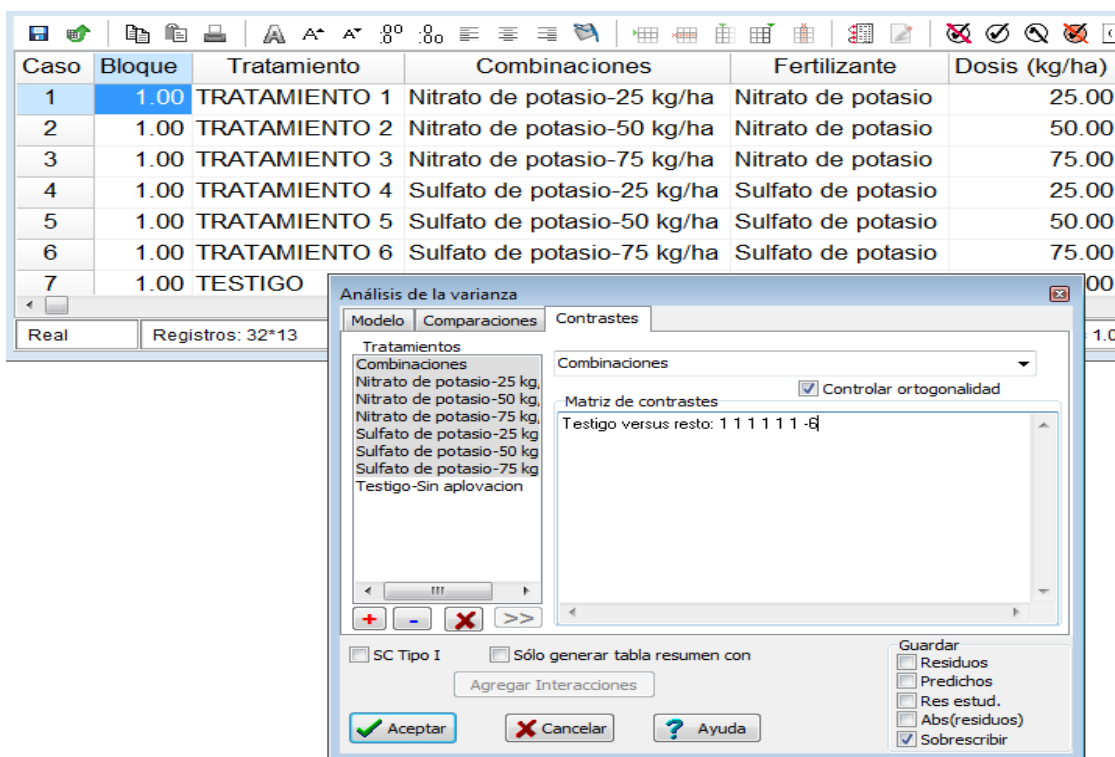


Ilustración 3- Secuencia de pasos para el cálculo de contrastes ortogonales usando InfoStat

3.8.1 Coeficiente de variabilidad

El cociente σ/μ se denomina coeficiente de variación. Cuando se expresa en porcentaje $100\sigma/\mu$ se llama a veces porcentaje de error. Un coeficiente de variación de 3% implica que σ es el 3% de la media μ . Box y Hunter (3)

Martínez con el fin de determinar la precisión o la información suministrada por los diseños bajo estudio mediante el valor del coeficiente de variación que adopta la siguiente escala convencional que considera aceptable para cultivos anuales, la cual es como sigue: Tabla 3.

Tabla 9- Coeficiente de Variabilidad

Coeficientes de variación	Precisión
5 -10	Muy buena
10 -15	Buena
15 – 20	Regular
20 – 25	Mala
> 25	Muy mala

Toma y Rubio indican que es una medida de dispersión relativa que se define como el cociente entre la desviación estándar y la media aritmética de un conjunto de observaciones. Si se desea expresar en porcentaje el coeficiente mencionado se multiplica por 100.

Tabla 10-Coeficiente de Variabilidad

CV	Grado de Variabilidad
$0 \leq cv < 10$	Datos muy homogéneos
$10 \leq cv < 15$	Datos regularmente homogéneos
$15 \leq cv < 20$	Datos regularmente variables
$20 \leq cv < 25$	Datos variables
$cv \geq 25$	Datos muy variables

3.8.2 Estadística no paramétrica

Prueba de Friedman: La ruta del menu:

Menú \Rightarrow Estadísticas \Rightarrow Análisis de la varianza no paramétrico \Rightarrow Friedman permite realizar un análisis de varianza no paramétrico a dos vías de clasificación. El ANAVA propuesto por Friedman (12) permite comparar las esperanzas de 2 o más distribuciones cuando el diseño de la experiencia ha sido en bloques completos aleatorizados, sin necesidad de verificar el cumplimiento del supuesto de normalidad.

Esta prueba requiere que las observaciones sean independientes y que las varianzas poblacionales sean homogéneas. La hipótesis a probar es:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a$$

donde μ_i representa la esperanza del i -ésimo tratamiento; con $i=1, 2, \dots, a$.

3.9 Aspectos de la investigación

3.9.1 Cronograma de actividades

Tabla 11- Croquis

ACTIVIDADES	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
1. Diseño del proyecto	X	X				
2. Recolección de información primaria			X			
3. Fuentes secundarias			X	X		
4. Procesamiento de datos				X	X	
5. Análisis e interpretación					X	X
6. Redacción preliminar					X	X
7. Revisión y crítica					X	X
8. Presentación						X
9. Sustentación						X

3.9.2 Presupuesto

3.9.2.1 Material de escritorio

Tabla 12- Material de escritorio

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN DE GASTO	COSTO TOTAL
01	Lapicero	2.50
01	Engrapador	1.00
02	Plumones,	1.00
	SUBTOTAL	S/. 4.50

3.9.2.2 Material de campo, insumos

Tabla 13- Material de campo

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN DE GASTO	COSTO TOTAL
48	Estacas de madera	25.00
01	Cinta métrica	5.00
03	Pajarrafa de colores	2.00
01	Martillo	-
01	Balanza	-
01	Bolsa de sulfato de potasio	108.00
01	Bolsa de nitrato de potasio	96.00
	SUBTOTAL	S/. 236.00

3.9.2.3 Gastos administrativos

Tabla 14- Gastos administrativos

DESCRIPCIÓN DE GASTOS	COSTO TOTAL
Alimentación	80.00
Combustible	100.00
Impresión	80.00
Otros	20.00
Subtotal	280.00
Inversión total del proyecto	520.50

3.10 Financiamiento

El presente trabajo de investigación es autofinanciado.

IV. Resultados y Discusión

4.1. Prueba de los supuestos del análisis de varianza

4.1.1 El supuesto de normalidad

Previo a la realización de los análisis estadísticos se realizaron las pruebas de normalidad de los datos, que es una de las asunciones del análisis de varianza para la aplicación de la estadística paramétrica. Sirve para que los resultados de los análisis tengan validez y se pueda hacer el proceso de inferencia estadística a partir de la muestra.

El método para contrastar esta hipótesis de que un grupo de datos procede de una distribución normal, de una forma manual simple, es por medio de una curva de frecuencias acumuladas en un papel gráfico especial denominado papel de probabilidad normal.

Prueba de la normalidad, se hizo con la metodología de Anderson y Darling (1)

$$AD_n^2 = \left(- \frac{\left\{ \sum_{i=1}^n (2i-1) [\ln Z_i + \ln (1 - Z_{n+1-i})] \right\}}{n} \right) - n$$

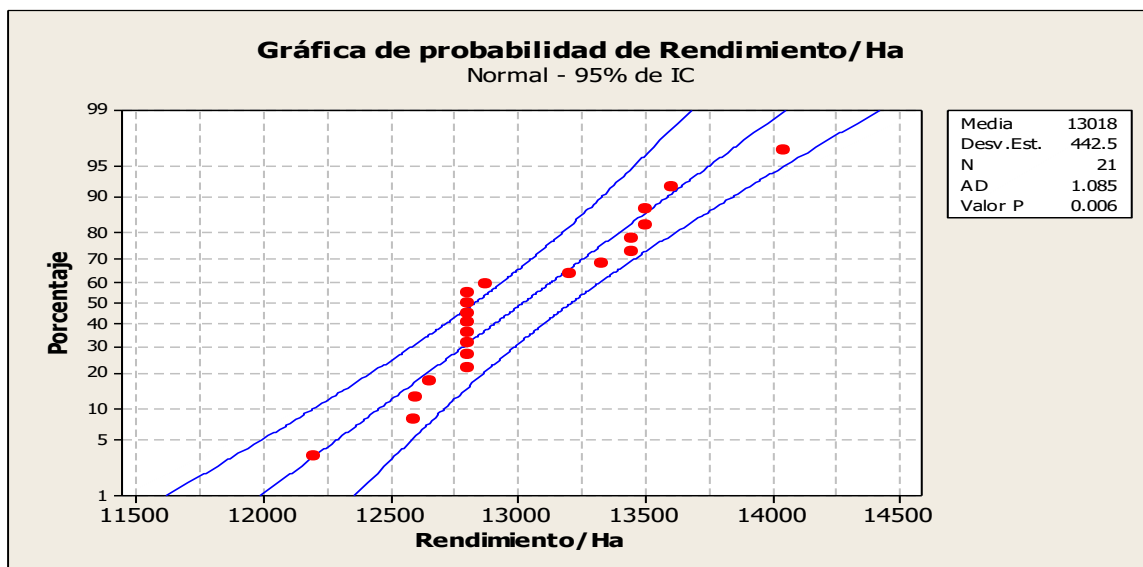


Ilustración 4 - Probabilidad de rendimiento

4.1.2 Homogeneidad de Varianzas

Otro de los supuestos que más se requieren en aplicaciones estadísticas populares, tales como el análisis de regresión, etc., es el de la homogeneidad de varianzas. Este supuesto es crucial para garantizar la calidad de los procedimientos estadísticos utilizados tanto en pruebas de hipótesis como en la construcción de intervalos de confianza.

Existen muchas pruebas para verificar el supuesto de homogeneidad; una de ellas es por el método de Bartlett.

La X^2 de Bartlett se define matemáticamente con la ecuación siguiente:

$$X^2_{\text{Bartlett}} = \frac{\left[\ln \frac{\sum \sigma^2 (n-1)}{\sum (n-1)} \right] \sum (n-1) - \sum \ln \sigma^2 (n-1)}{1 + \frac{K+1}{3(K-1)(N-K)}}$$

Donde:

X^2_{Bartlett} = valor estadístico de esta prueba.

\ln = logaritmo natural.

σ^2 = varianza.

n = tamaño de la muestra del grupo.

K = número de grupos participantes.
N = tamaño total (sumatoria de las muestras).

Tabla 15- Prueba de varianzas iguales: Rendimiento/Ha vs. Combinaciones

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Combinaciones	N	Inferior	Desv.Est.	Superior
Nitrato de potasio-25 kg/ha	3	17.025	40.415	675.7
Nitrato de potasio-50 kg/ha	3	171.449	406.981	6804.0
Nitrato de potasio-75 kg/ha	3	164.511	390.512	6528.7
Sulfato de potasio-25 kg/ha	3	49.905	118.462	1980.5
Sulfato de potasio-50 kg/ha	3	138.123	327.872	5481.4
Sulfato de potasio-75 kg/ha	3	261.912	621.718	10394.0
Testigo-Sin Aplicación	3	131.542	312.250	5220.3

Prueba de Bartlett (distribución normal)

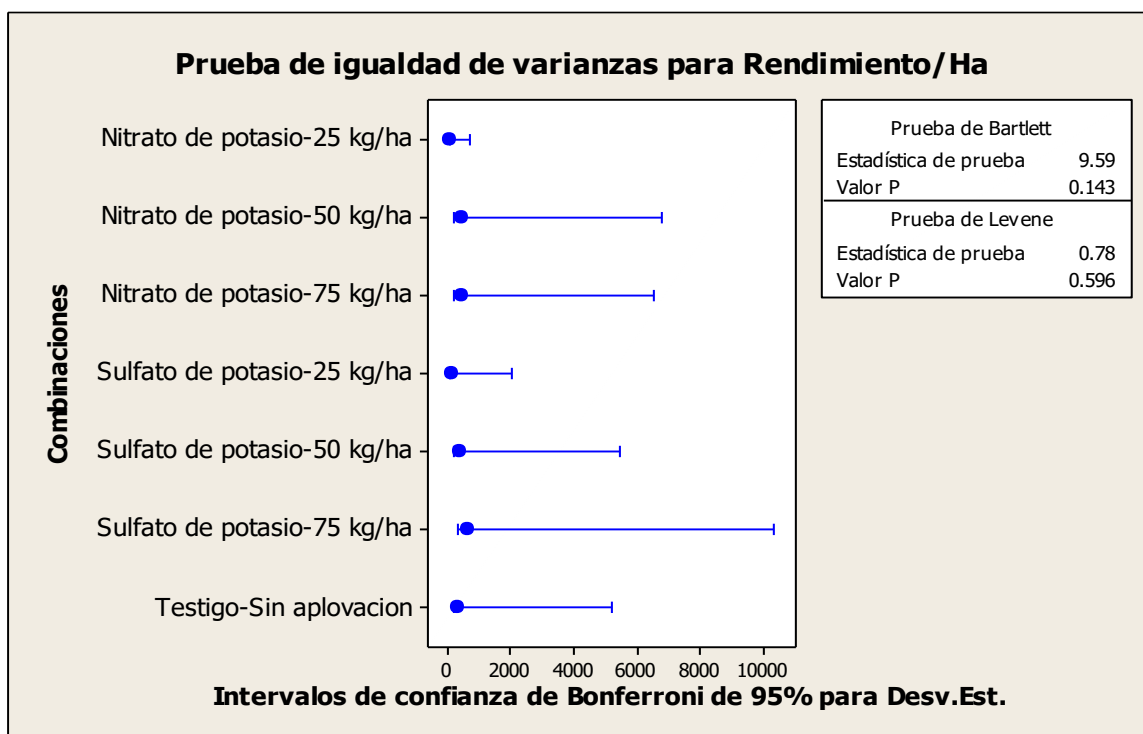
Estadística de prueba = 9.59, valor p = 0.143

Prueba de Levene (cualquier distribución continua)

Estadística de prueba = 0.78, valor p = 0.596

Como los valores del P valor son mayores de 0.05, resultados que confirman que las varianzas son homogéneas. Con lo cual se cumple con los supuestos principales de la estadística paramétrica.

Tabla 16- Prueba de varianzas iguales: Rendimiento/Ha vs. Tratamientos



4.2 Rendimiento de arroz en cáscara

Los resultados del análisis de varianza para esta evaluación indicaron que existió significación estadística para combinaciones, dosis y para la interacción Testigo x Fertilizante mostrando un comportamiento heterogéneo en el rendimiento, debido al diferente efecto de los tratamientos (Tabla 17).

El coeficiente de variabilidad fue de 2.51%, valor bajo, que indica que los datos son muy homogéneos (Toma y Rubio, 2008), valor que valida la conducción experimental y toma de datos, y el diseño experimental proporciona muy buena precisión (Martínez, 1995) por lo que el promedio experimental es un valor representativo de las medidas de tendencia central. (Tabla 17). El promedio experimental fue de 13018.09 kg/ha.

La prueba de Duncan para fertilizantes detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios, encontrando dos subconjuntos diferentes, el primero y superior, conformado por los dos fertilizantes usados, con 13105.57 y 13086.68 kg/ha, respectivamente y superaron estadísticamente al resto de tratamientos. Mientras que el testigo solo obtuvo 12550 kg/ha, debido a que no tuvo aplicación ya que los suelos son generalmente deficitarios en potasio, como lo indica Quintero, 2017. (Tabla 18, ilustración 5).

La prueba de Duncan para Dosis, detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios, encontrando dos subconjuntos diferentes, el primero y superior, conformado por las dosis 75 kg/ha y 50 kg/ha con 13348.33 y 13196.67 kg/ha, respectivamente y superaron estadísticamente al resto de tratamientos. Mientras que el Testigo solo obtuvo 12550 kg/ha, debido a que no tuvo aplicación del fertilizante. (Tabla 19, ilustración 5).

La prueba de Duncan para tratamientos, detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios, encontrando tres subconjuntos diferentes, el primero y superior, conformado por cinco tratamientos. El tratamiento Sulfato de potasio-75 kg/ha con 13446.67 kg/ha, encabeza la lista de los mejores tratamientos, seguido de cuatro tratamientos que variaron de: Nitrato de potasio-75 kg/ha a Nitrato de potasio-25 kg/ha y cuyos rendimientos fluctuaron de 13250.00 a 12823.33 kg/ha, superando estadísticamente al resto de tratamientos. El alto rendimiento se atribuye al azufre del sulfato que es un producto muy útil como fertilizante, esto debido a que la necesidad de Azufre está muy relacionada con cantidad de Nitrógeno disponible para la planta, además de mejorar la calidad de los los frutos, como lo sostiene Perez, El Azufre inorgánico del suelo es absorbido por las plantas principalmente como anión sulfato (SO_4). Debido a su carga negativa, el SO_4 no es atraído por las arcillas del suelo y los coloides inorgánicos, el S se mantiene en la solución del suelo, moviéndose con el flujo de

agua y por esto es fácilmente lixiviable. En algunos suelos esta lixiviación acumula S en el subsuelo, siendo aprovechable por cultivos de raíces profundas. El riesgo de lixiviación del S es mayor en los suelos arenosos que en suelos de textura franca o arcillosa. Los suelos con bajos contenidos de materia orgánica (<2%) comúnmente presentan deficiencias de S, cada unidad porcentual de materia orgánica libera aproximadamente 6 kg de S por hectárea por año. Mientras que el Testigo solo obtuvo 12550 kg/ha, debido a que no tuvo aplicación de los fertilizantes, debido a que los suelos son generalmente deficitario en potasio, resultados que concuerdan con Quintero debido a la intensificación de la agricultura en los últimos años (Tabla 20, ilustración 6).

Tabla 17- Análisis de Varianza para rendimiento en grano en la comparación de dos fertilizantes (nitrato de potasio y sulfato de potasio) y su influencia en el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa), variedad Tinajones en el Valle de Zaña.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2633495.24	8	329186.90	3.08	0.0390
Bloque	568038.10	2	284019.05	2.66	0.1108
Combinaciones	2065457.14	6	344242.86	3.22	0.0401
Fertilizante	1605.56	1	1605.56	0.02	0.8930
Dosis (kg/ha)	1189077.78	2	594538.89	7.05	0.0123
Fertilizante*Dosis (kg/ha)	107877.78	2	53938.89	0.64	0.5477
Testigo versus fertilizado	766896.03	1	766896.03	7.17	0.0201
Error	1282628.57	12	106885.71		
Total	3916123.81	20			

CV=2.51%

Tabla 18 - Rendimiento de grano, según fertilizantes y su influencia en el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa), variedad Tinajones en el Valle de Zaña.

O.M.	Fertilizantes	Rendimiento de grano (Kg/ha)	Sign.
1	Nitrato de potasio	13105.57	A
2	Sulfato de potasio	13086.68	A
3	Testigo-Sin aplicación	12550.00	B
	Promedio	12914.08	

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

Tabla 19- Rendimiento de grano, según dosis y su influencia en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa*), variedad Tinajones en el Valle de Zaña.

O.M.	Dosis	Rendimiento de grano (Kg/ha)	Sign.
1	75kg/ha	13348.33	A
2	50kg/ha	13196.67	A
3	25kg/ha	12743.33	B
4	Testigo-Sin aplicación	12550.00	B
Promedio		12959.58	

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

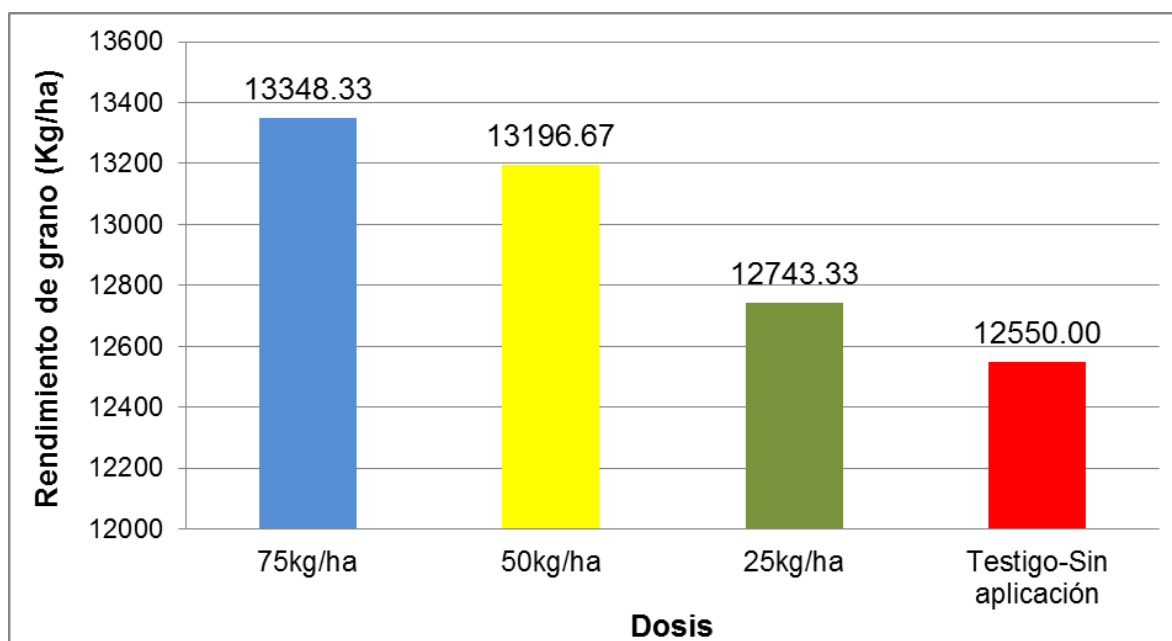


Ilustración 5 - Rendimiento de grano, según dosis.

Tabla 20 - Rendimiento de grano, según tratamientos y su influencia en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa*), variedad Tinajones en el Valle de Zaña..

O.M.	Tratamientos	Rendimiento	Sign.
1	Sulfato de potasio-75 kg/ha	13446.67	A
2	Nitrato de potasio-75 kg/ha	13250.00	AB
3	Nitrato de potasio-50 kg/ha	13243.33	AB
4	Sulfato de potasio-50 kg/ha	13150.00	ABC
5	Nitrato de potasio-25 kg/ha	12823.33	ABC
6	Sulfato de potasio-25 kg/ha	12663.33	BC
7	Testigo-Sin aplicación	12550.00	C
Promedio		13018.09	

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

Para realizar las comparaciones del testigo versus los tratamientos que recibieron los fertilizantes se empleó la técnica de los contrastes ortogonales, que se detalla a continuación (Infostat 2008):

Tabla 21- Contrastes

Taratamientos	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Testigo versus el resto	3276.67	1223.27	766896.03	1	766896.03	7.17	0.0201
Total			766896.03	1	766896.03	7.17	0.0201

Coeficientes de los contrastes

O.M.	Tratamientos	Ct.1
1	Nitrato de potasio-25 kg/ha	1
2	Nitrato de potasio-50 kg/ha	1
3	Nitrato de potasio-75 kg/ha	1
4	Sulfato de potasio-25 kg/ha	1
5	Sulfato de potasio-50 kg/ha	1
6	Sulfato de potasio-75 kg/ha	1
7	Testigo-Sin Aplicación	-6

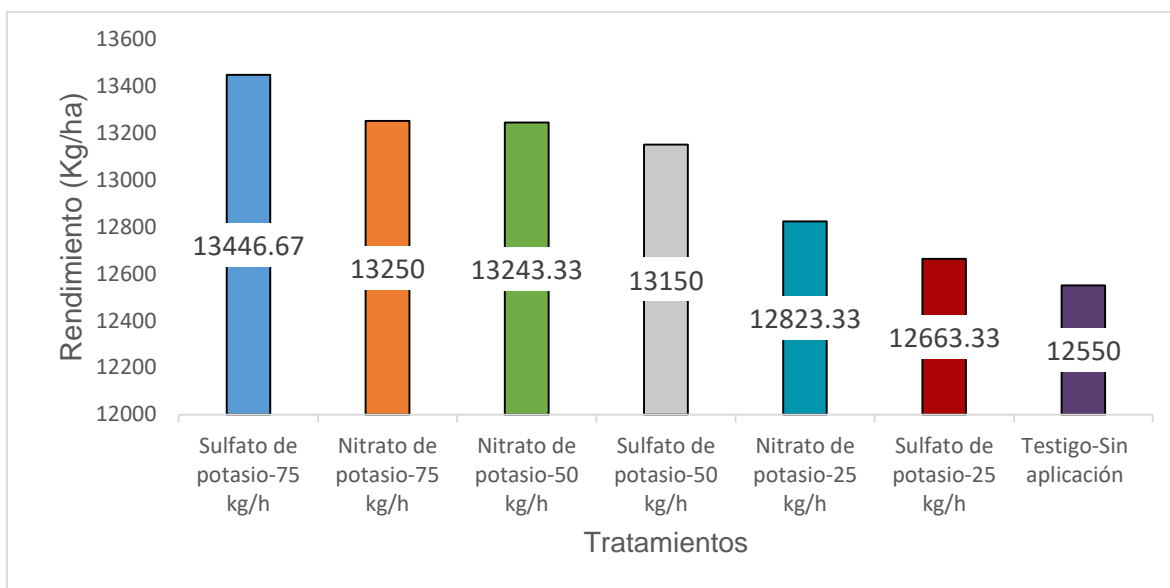


Ilustración 6 - Rendimiento de grano, según tratamiento

4.3 Número de granos llenos por panoja

Los resultados del análisis de varianza para esta evaluación indicaron que existió significación estadística para ‘Bloques y Fertilizantes’ mostrando un comportamiento heterogéneo en el número de granos llenos por panoja debido al diferente efecto de los tratamientos (Tabla 22).

El coeficiente de variabilidad fue de 1.60%, valor bajo, que indica que los datos son muy homogéneos (Toma y Rubio, 2008), valor que valida la conducción experimental y toma de datos, y el diseño experimental proporciona muy buena precisión (Martínez, 1995) por lo que el promedio experimental es un valor representativo de las medidas de tendencia central. (Tabla 25). El promedio experimental fue de 112.52 granos llenos/panoja.

La prueba de Duncan para Fertilizantes detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios, encontrando dos subconjuntos diferentes. El primero y superior conformado por el fertilizante sulfato de potasio con 114.00 granos/panoja superó estadísticamente al resto de

tratamientos. Mientras que el testigo solo obtuvo 110.67 granos/panoja debido a que no tuvo aplicación de fertilizantes y que los suelos son generalmente deficitario en potasio, resultados que concuerdan con Quintero (Tabla 23, ilustración 8).

La prueba de Duncan para Dosis no detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios. El mayor valor de número de granos llenos por panoja lo obtuvo la dosis 75 kg/ha que obtuvo 113.83 granos/panoja y el Testigo obtuvo el más bajo valor de 110.67 granos/panoja. (Tabla 24, ilustración 7).

La prueba de Duncan detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios, encontrando dos subconjuntos diferentes, el primero y superior, conformado por cinco tratamientos. El tratamiento Sulfato de potasio-75 kg/ha con 114.67 granos/panoja, encabeza la lista de los mejores tratamientos, seguido de cuatro tratamientos que variaron de: Sulfato de potasio-50 kg/ha a Nitrato de potasio-50 kg/ha; cuyos valores fluctuaron de 114.33 a 112.00 granos/panoja, superando estadísticamente al resto de tratamientos; le sigue el Testigo que obtuvo 110.67 y Nitrato de potasio-25 kg/ha, quedo ubicado al final del Tabla con solo 110 granos/panoja. Aunque la aplicación de potasio en plátano no obtuvo resultados significativos (Mazariegos, 2014) (Tabla 25, ilustración 8).

Tabla 22 - Análisis de varianza para número de granos llenos por panoja.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	122.19	8	15.27	4.69	0.0085
Bloques	66.95	2	33.48	10.29	0.0025
Combinaciones	55.24	6	9.21	2.83	0.0591
Fertilizantes	24.50	1	24.50	7.90	0.0184
Dosis (kg/ha)	17.33	2	8.67	2.80	0.1085
Fertilizante*Dosis (kg/ha)	1.33	2	0.67	0.22	0.8101
Testigo versus Fertilizado	12.07	1	12.07	3.71	0.0781
Error	39.05	12	3.25		
Total	161.24	20			

CV=1.60%

Tabla 23 - Número de granos llenos, según fertilizantes.

O.M.	Fertilizantes	No Granos llenos/panoja	Sign.
1	Sulfato de potasio	114.00	A
2	Nitrato de potasio	111.67	B
3	Testigo-Sin aplicación	110.67	B
	Promedio	112.11	

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

Tabla 24-Número de granos llenos, según dosis.

O.M.	Dosis	No Granos llenos/panoja	Sign.
1	75kg/ha	113.83	A
2	50kg/ha	113.17	A
3	25kg/ha	111.50	A
4	Testigo-Sin aplicación	110.67	A
	Promedio	112.29	

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

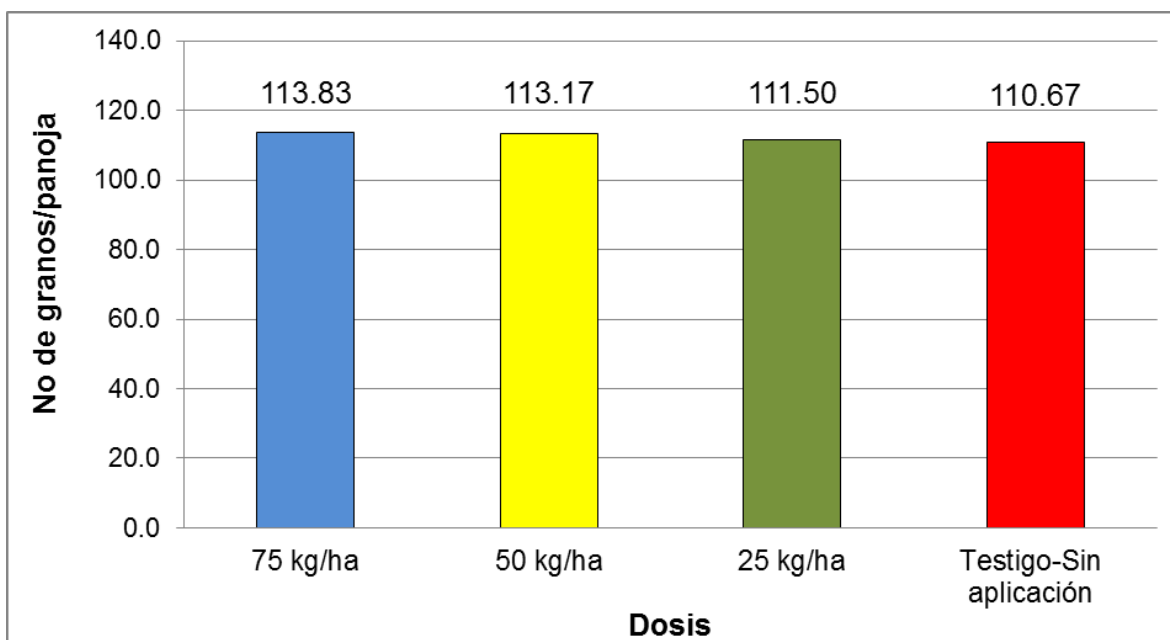


Ilustración 7 - Número de granos llenos, según hoja

Tabla 25- Número de granos llenos por panoja, según tratamientos

O.M.	Tratamientos	Granos llenos/panoja	Sign.
1	Sulfato de potasio-75 kg/ha	114.67	A
2	Sulfato de potasio-50 kg/ha	114.33	A
3	Sulfato de potasio-25 kg/ha	113.00	A B
4	Nitrato de potasio-75 kg/ha	113.00	A B
5	Nitrato de potasio-50 kg/ha	112.00	A B
6	Testigo-Sin aplicación	110.67	B
7	Nitrato de potasio-25 kg/ha	110.00	B
Promedio		112.52	

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

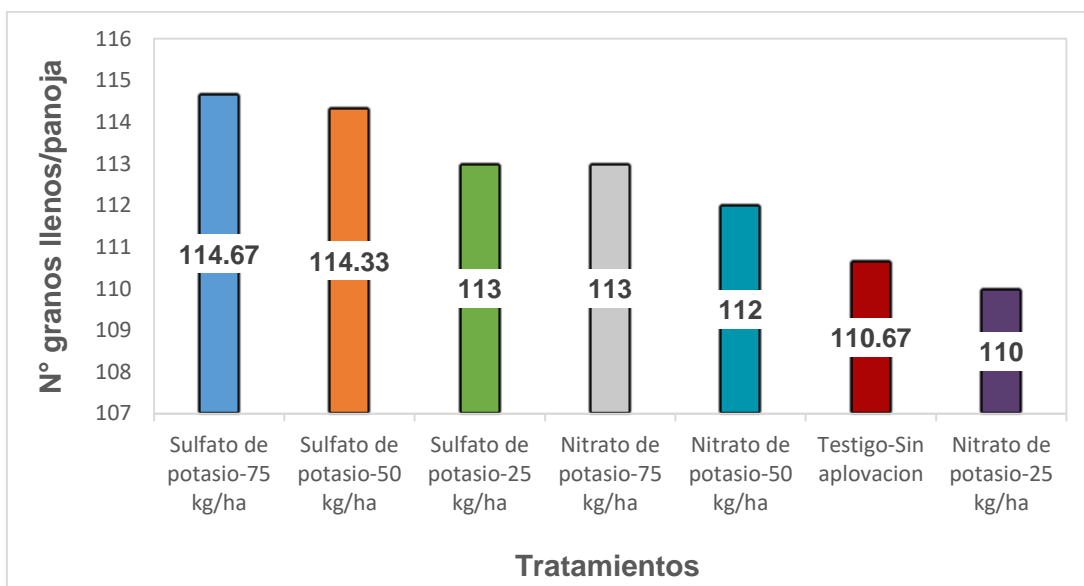


Ilustración 8 - Número de granos llenos por panoja, según tratamientos.

4.4 Número de granos por metro cuadrado

Los resultados del análisis de varianza para esta evaluación indicaron que no existió significación estadística para las fuentes de variación, mostrando un comportamiento homogéneo en el número de granos/m², debido al similar efecto de los tratamientos. (Tabla 26).

El coeficiente de variabilidad fue de 2.42%, valor bajo, que indica que los datos son muy homogéneos (Toma y Rubio, 2008), valor que valida la conducción experimental y toma de datos, y el diseño experimental proporciona muy buena precisión (Martínez, 1995), por lo que el promedio experimental es un valor representativo de las medidas de tendencia central. (Tabla 26). El promedio experimental fue de 50223.81 granos /m².

La prueba de Duncan para fertilizantes, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre promedios. El fertilizante sulfato de potasio obtuvo el mayor valor con

50655.56 granos/m² y el testigo obtuvo el más bajo valor de 49800.00 granos/m². (Tabla 27, ilustración 9).

La prueba de Duncan para dosis no detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios. El mayor valor de número de granos/m² lo obtuvo la dosis 50 kg/ha que alcanzó 50925.00 granos/m² y la dosis 25 kg/ha logró el más bajo valor con 49700.00 granos/m². (Tabla 28, ilustración 6).

La prueba de Duncan para tratamientos no detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios. El tratamiento sulfato de potasio-50 kg/ha obtuvo 51450 granos/m², consiguió el mayor valor. Mientras que el tratamiento nitrato de potasio-25 kg/ha quedó ubicado al final de la tabla con 49500 granos/m². (Tabla 29, ilustración 10).

Tabla 26 - Análisis de varianza para número de granos/m².

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14133095.24	8	1766636.90	1.19	0.3783
Bloque	6326666.67	2	3163333.33	2.13	0.1611
Combinaciones	7806428.57	6	1301071.43	0.88	0.5391
Fertilizante	2347222.22	1	2347222.22	1.35	0.2721
Dosis (kg/ha)1	4513611.11	2	2256805.56	1.30	0.3152
Fertilizante*Dosis (kg/ha)	316944.44	2	158472.22	0.09	0.9136
Testigo vs el Fertilizado	628650.79	1	628650.79	0.42	0.5272
Error	17790000.00	12	1482500.00		
Total	31923095.24	20			

CV 2.42%

Tabla 27- Número de granos/m², según fertilizantes.

O.M.	Fertilizantes	No granos/m ²	Sign.
1	Sulfato de potasio	50655.56	A
2	Nitrato de potasio	49933.33	A
3	Testigo-Sin aplicación	49800.00	A
Promedio		50129.63	

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

Tabla 28- Número de granos/m², según dosis.

O.M.	Dosis	No granos/m ²	Sign.
1	50kg/ha	50925.00	A
2	75kg/ha	50258.33	A
3	Testigo-Sin aplicación	49800.00	A
4	25kg/ha	49700.00	A
Promedio		50170.83	

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

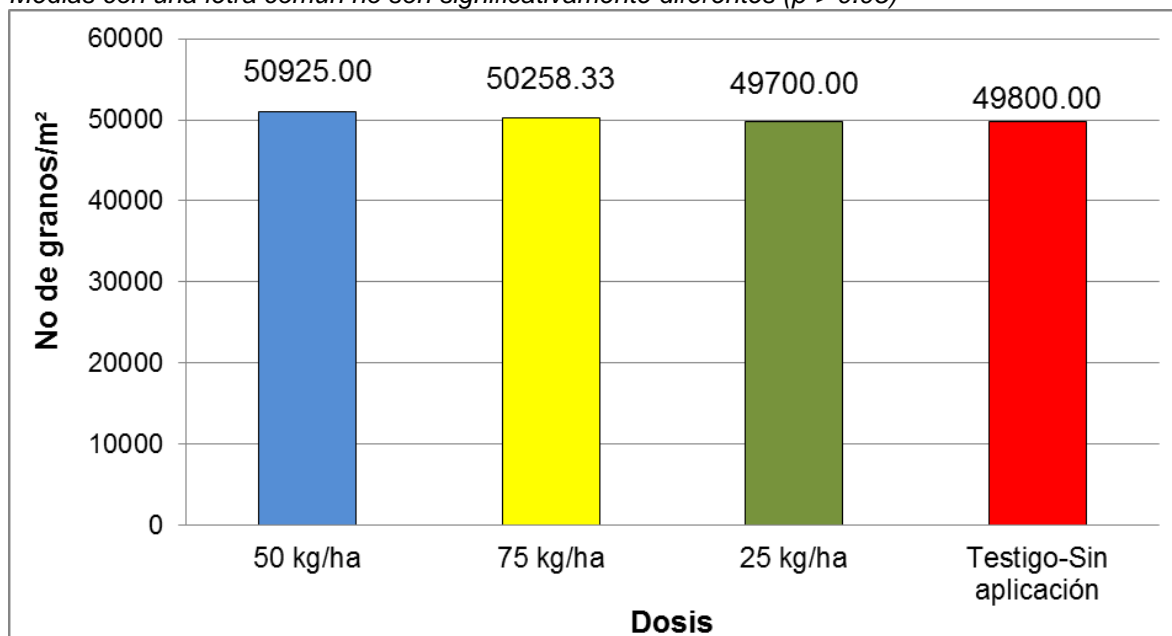


Ilustración 9 - Número de granos/m², según dosis.

Tabla 29 - Número de granos/m², según tratamientos.

O.M.	Tratamientos	N° de granos/M2	Sign.
1	Sulfato de potasio-50 kg/ha	51450.00	A
2	Sulfato de potasio-75 kg/ha	50616.67	A
3	Nitrato de potasio-50 kg/ha	50400.00	A
4	Sulfato de potasio-25 kg/ha	49900.00	A
5	Nitrato de potasio-75 kg/ha	49900.00	A
6	Testigo-Sin aplicación	49800.00	A
7	Nitrato de potasio-25 kg/ha	49500.00	A
Promedio		50223.81	

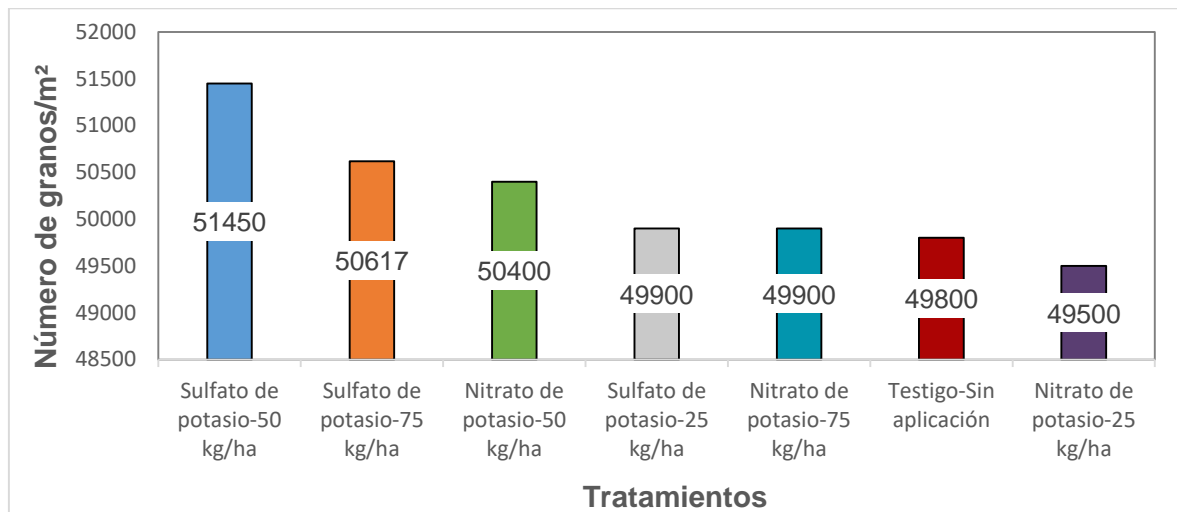


Ilustración 10- Número de granos/m², según tratamientos.

4.5 Número de panojas por golpe

Los resultados del análisis de varianza para esta evaluación indicaron que no existió significación estadística para las fuentes de variación, mostrando un comportamiento homogéneo en el número de panojas por golpe debido al similar efecto de los tratamientos. (Tabla 30).

El coeficiente de variabilidad fue de 2.12%, valor bajo, que indica que los datos son muy homogéneos (Toma y Rubio, 2008), valor que valida la conducción experimental y toma de datos, y el diseño experimental proporciona muy buena precisión (Martínez, 1995), por lo que el promedio experimental es un valor representativo de las medidas de tendencia central. (Tabla 30). El promedio experimental fue de 17.86 panojas/golpe.

La prueba de Duncan para fertilizantes no encontró diferencias estadísticas significativas entre promedios. El testigo fue el que obtuvo el mayor valor con 18.00 panojas/golpe y el sulfato de potasio, obtuvo el más bajo valor con 17.78 panojas/golpe. (Tabla 31, ilustración 11).

La prueba de Duncan para dosis no detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios. Los mayores valores de número de panojas/golpe, lo obtuvieron el testigo y la dosis 50 kg/ha que lograron el mismo valor de 18.00 panojas/golpe y la dosis 75 kg/ha, obtuvo el más bajo valor con 17.67 panojas/golpe. (Tabla 32, ilustración 11).

La prueba de Duncan para tratamientos no detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios. El tratamiento sulfato de potasio-50 kg/ha obtuvo 18 panojas/golpe, es decir, el mayor valor. Mientras que el tratamiento sulfato de potasio-25 kg/ha quedó ubicado al final de la Tabla con 17.67 panojas/golpe. (Tabla 33, ilustración 11).

Tabla 30-Análisis de varianza para número de panojas/golpe.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.86	8	0.11	0.75	0.6503
Bloque	0.29	2	0.14	1.00	0.3966
Combinaciones	0.57	6	0.10	0.67	0.6785
Fertilizante	0.06	1	0.06	0.33	0.5765
Dosis (kg/ha) 1	0.33	2	0.17	1.00	0.4019
Fertilizante*Dosis (kg/ha)	0.11	2	0.06	0.33	0.7242
Testigo vs el Fertilizado	0.07	1	0.07	0.50	0.4930
Error	1.71	12	0.14		
Total	2.57	20			

CV 2.12%

Tabla 31 - Número de panojas/golpe, según fertilizantes.

O.M.	Fertilizantes	No panojas/golpe	Sign.
1	Testigo-Sin aplicación	18.00	A
2	Nitrato de potasio	17.89	A
3	Sulfato de potasio	17.78	A
	Promedio	17.89	

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

Tabla 32-Número de panojas/golpe, según dosis.

O.M.	Dosis	No panojas/golpe	Sign.
1	Testigo-Sin aplicación	18.00	A
2	50kg/ha	18.00	A
3	25kg/ha	17.83	A
4	75kg/ha	17.67	A
	Promedio	17.88	

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

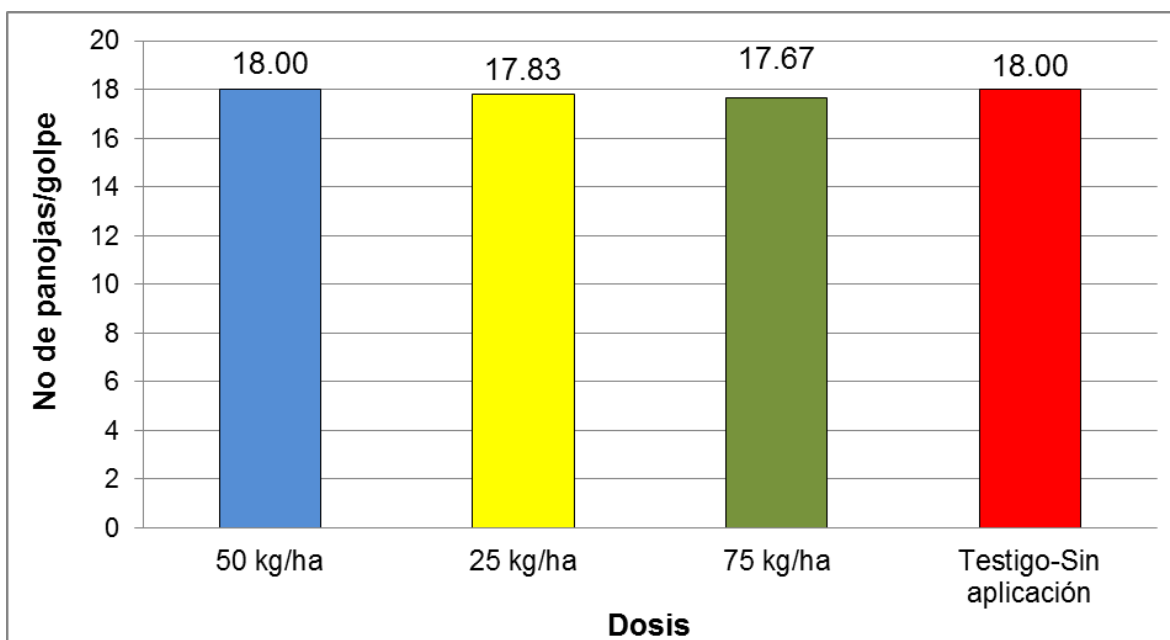


Ilustración 11- Número de panojas/golpe, según dosis.

Tabla 33-Número de panojas/golpe, según tratamientos.

O.M.	Tratamientos	N° de panojas/golpe	Sign.
1	Sulfato de potasio-50 kg/ha	18.00	A
2	Testigo-Sin aplicación	18.00	A
3	Nitrato de potasio-50 kg/ha	18.00	A
4	Nitrato de potasio-25 kg/ha	18.00	A
5	Sulfato de potasio-75 kg/ha	17.67	A
6	Sulfato de potasio-25 kg/ha	17.67	A
7	Nitrato de potasio-75 kg/ha	17.67	A
Promedio		17.86	

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

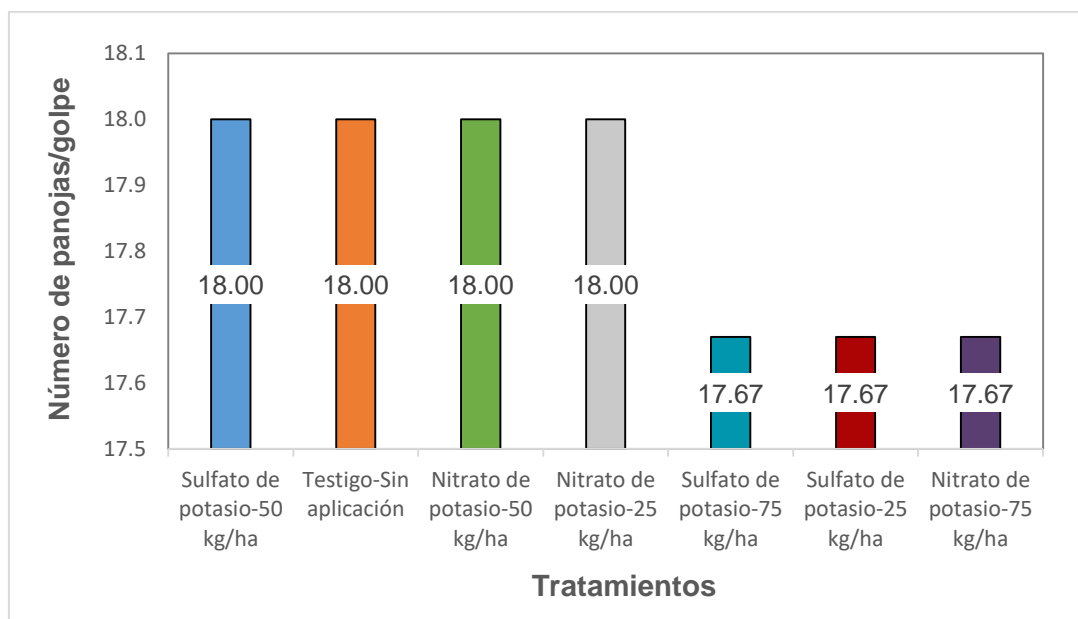


Ilustración 12- Número de panojas/golpe, según tratamientos.

4.6 Número de panojas por metro cuadrado

Los resultados del análisis de varianza para esta evaluación indicaron que no existió significación estadística para las fuentes de variación, mostrando un comportamiento homogéneo en el número de panojas/m², debido al similar efecto de los tratamientos. (Tabla 34).

El coeficiente de variabilidad fue de 2.12%, valor bajo, que indica que los datos son muy homogéneos (Toma y Rubio, 2008), valor que valida la conducción experimental y toma de datos, y el diseño experimental proporciona muy buena precisión (Martínez, 1995), por lo que el promedio experimental es un valor representativo de las medidas de tendencia central. (Tabla 34). El promedio experimental fue de 446.43 panojas/m².

En la prueba de Duncan para fertilizantes no se encontró diferencias estadísticas significativas entre promedios. El testigo fue el que obtuvo el mayor valor con 450 panojas/m²

y el sulfato de potasio obtuvo el más bajo valor con 447.44 panojas/m². (Tabla 35, ilustración 13).

La prueba de Duncan para dosis no detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios. Los mayores valores de número de panojas/m², lo consiguieron el testigo y la dosis 50 kg/ha que arrojaron el mismo valor de 450 panojas/m² y la dosis 75 kg/ha, obtuvo el más bajo valor con 441.67 panojas/m². (Tabla 36, ilustración 13).

La prueba de Duncan para tratamientos, no detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios. Los tratamientos sulfato de potasio-50 kg/ha, testigo, nitrato de potasio-50 kg/ha y nitrato de potasio-25 kg/ha, obtuvieron el mismo valor de 450 panojas/m². Mientras que los tres tratamientos restantes, obtuvieron el mismo valor de 441.67 panojas/m². (Tabla 37, ilustración 13).

Tabla 34 - Análisis de varianza para número de panojas/m².

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	535.71	8	66.96	0.75	0.6503
Bloque	178.57	2	89.29	1.00	0.3966
Combinaciones	357.14	6	59.52	0.67	0.6785
Fertilizante	34.72	1	34.72	0.33	0.5765
Dosis (kg/ha)1	208.33	2	104.17	1.00	0.4019
Fertilizante*Dosis (kg/ha)	69.44	2	34.72	0.33	0.7242
Testigo vs el Fertilizado	44.64	1	44.64	0.50	0.4930
Error	1071.43	12	89.29		
Total	1607.14	20			

CV 2.12%

Tabla 35 - Número de panojas/m², según fertilizantes.

O.M.	Fertilizantes	No panojas/m ²	Sign.
1	Testigo-Sin aplicación	450.00	A
2	Nitrato de potasio	447.22	A
3	Sulfato de potasio	447.44	A
Promedio		447.22	

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

Tabla 36- Número de panojas/m², según dosis.

O.M.	Dosis	No panojas/m ²	Sign.
1	Testigo-Sin aplicación	450.00	A
2	50kg/ha	450.00	A
3	25kg/ha	445.83	A
4	75kg/ha	441.67	A
Promedio		446.88	

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

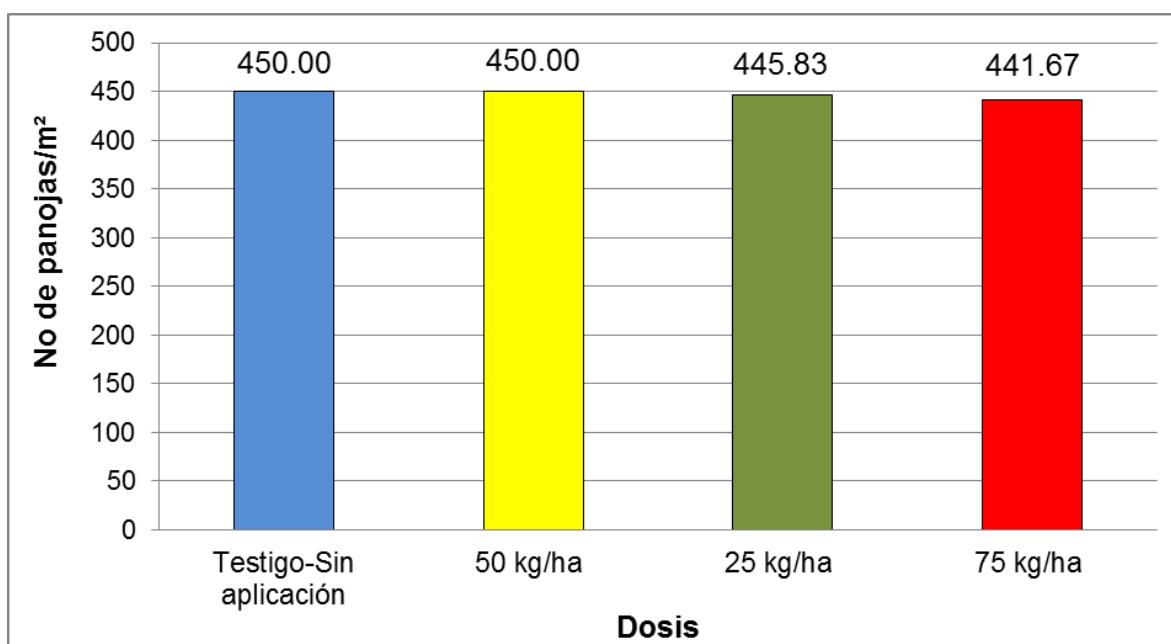


Ilustración 13- Número de panojas/m², según dosis.

Tabla 37 - Número de panojas/m², según tratamientos.

O.M.	Tratamientos	N° de panojas/m ²	Sign.
1	Sulfato de potasio-50 kg/ha	450.00	A
2	Testigo-Sin aplicación	450.00	A
3	Nitrato de potasio-50 kg/ha	450.00	A
4	Nitrato de potasio-25 kg/ha	450.00	A
5	Sulfato de potasio-75 kg/ha	441.67	A
6	Sulfato de potasio-25 kg/ha	441.67	A
7	Nitrato de potasio-75 kg/ha	441.67	A
Promedio		446.43	

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

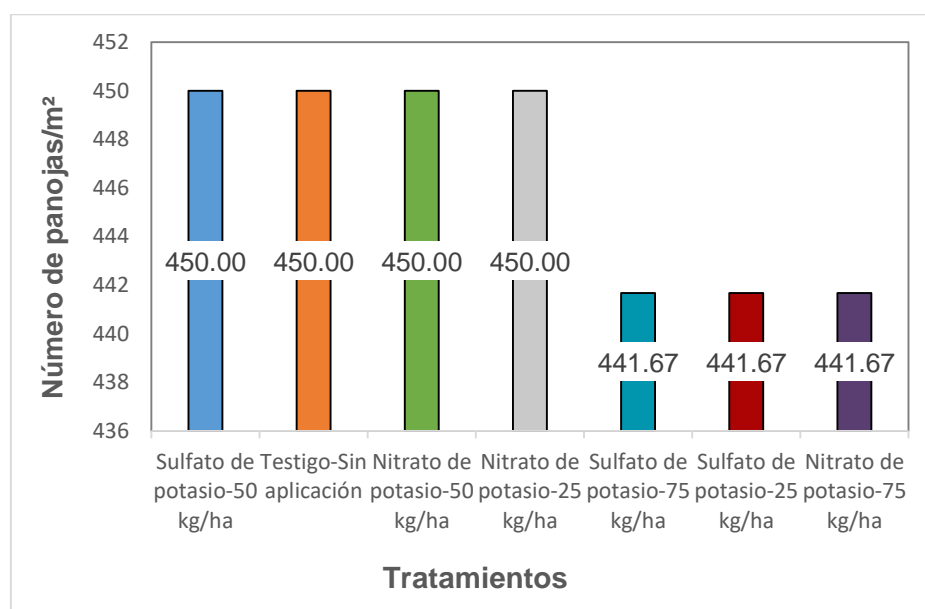


Ilustración 14- Número de panojas/m², según tratamientos.

4.7 Peso de granos por metro cuadrado

Los resultados del análisis de varianza para esta evaluación indicaron que existió significación estadística para Combinaciones, Dosis y para la interacción Testigo x Fertilizantes, mostrando un comportamiento heterogéneo en el peso de granos/m² debido al diferente efecto de los tratamientos (Tabla 38).

El coeficiente de variabilidad fue de 2.51%, valor bajo, que indica que los datos son muy homogéneos (Toma y Rubio, 2008), valor que valida la conducción experimental y toma de datos. El diseño experimental proporciona muy buena precisión (Martínez, 1995) por lo que el promedio experimental es un valor representativo de las medidas de tendencia central. (Tabla 38). El promedio experimental fue de 1301.81 g/m²

La prueba de Duncan para fertilizantes detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios, encontrando dos subconjuntos diferentes, el primero y superior, conformado por los dos fertilizantes usados: nitrato de potasio y sulfato de potasio con 1310.56 y 1308.67 g/m² respectivamente que superaron estadísticamente al testigo que solo obtuvo 1255 g/m² debido a que no tuvo aplicación y que los suelos son generalmente deficitario en potasio, resultados que concuerdan con Quintero, César (Tabla 39, ilustración 15).

La prueba de Duncan para dosis detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios, encontrando dos subconjuntos diferentes, el primero y superior, conformado por las dosis 75 kg/ha y 50 kg/ha con 1334.83 y 1319.67 g/m² respectivamente que superaron estadísticamente al resto de tratamientos. Mientras que el testigo solo obtuvo 1255 g/m², debido a que no tuvo aplicación. (Tabla 40, ilustración 15).

La prueba de Duncan para tratamientos detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios, encontrando tres subconjuntos diferentes, el primero y superior, conformado por cinco tratamientos. El tratamiento sulfato de potasio-75 kg/ha con 1344.67 g/m², encabeza la lista de los mejores tratamientos, seguido de cuatro tratamientos que variaron de: nitrato de potasio-75 kg/ha a nitrato de potasio-25 kg/ha y cuyos valores fluctuaron de 1325 a 1282.33 g/m², superando estadísticamente al resto de tratamientos. Mientras que el testigo solo obtuvo 1255 g/m², debido a que no tuvo aplicación. (Tabla 41, ilustración 16).

Tabla 38 - Análisis de varianza para peso de granos/m².

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26334.95	8	3291.87	3.08	0.0390
Bloque	5680.38	2	2840.19	2.66	0.1108
Combinaciones	20654.57	6	3442.43	3.22	0.0401
Fertilizante	16.06	1	16.06	0.02	0.8930
Dosis (kg/ha)	11890.78	2	5945.39	7.05	0.0123
Fertilizante*Dosis (kg/ha)	1078.78	2	539.39	0.64	0.5477
Testigo vs el Fertilizado	7668.96	1	7668.96	7.17	0.0201
Error	12826.29	12	1068.86		
Total	39161.24	20			

CV 2.51%

Tabla 39 - Peso de granos/m², según fertilizantes.

O.M.	Fertilizantes	Peso de granos/m ²	Sign.
1	Nitrato de potasio	1310.56	A
2	Sulfato de potasio	1308.67	A
3	Testigo-Sin aplicación	1255.00	B
	Promedio	1291.41	

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

Tabla 40-Peso de granos/m², según dosis.

O.M.	Dosis	Peso de granos/m ²	Sign.
1	75kg/ha	1334.83	A
2	50kg/ha	1319.67	A
3	25kg/ha	1274.33	B
4	Testigo-Sin aplicación	1255.00	B
	Promedio	1295.96	

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

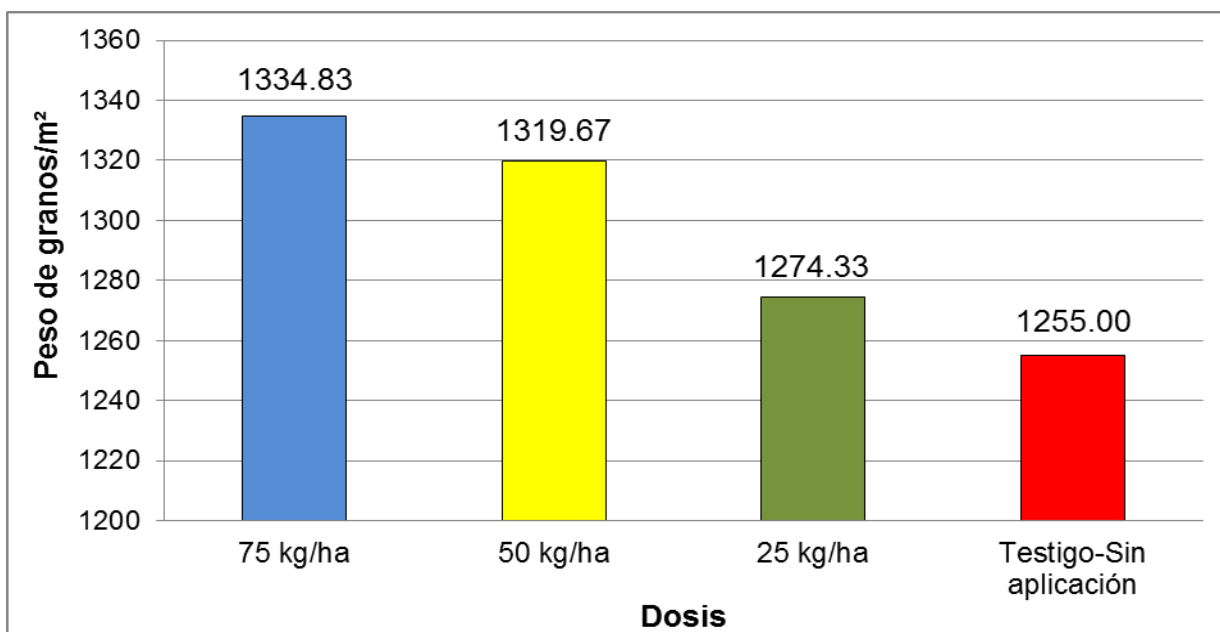


Ilustración 15- Peso de granos/m², según dosis.

Tabla 41 - Peso de granos/m², según tratamientos.

O.M.	Tratamientos	Peso de granos/M2	Sign.
1	Sulfato de potasio-75 kg/ha	1344.67	A
2	Nitrato de potasio-75 kg/ha	1325.00	A B
3	Nitrato de potasio-50 kg/ha	1324.33	A B
4	Sulfato de potasio-50 kg/ha	1315.00	A B C
5	Nitrato de potasio-25 kg/ha	1282.33	A B C
6	Sulfato de potasio-25 kg/ha	1266.33	B C
7	Testigo-Sin aplicación	1255.00	C
Promedio		1301.81	

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

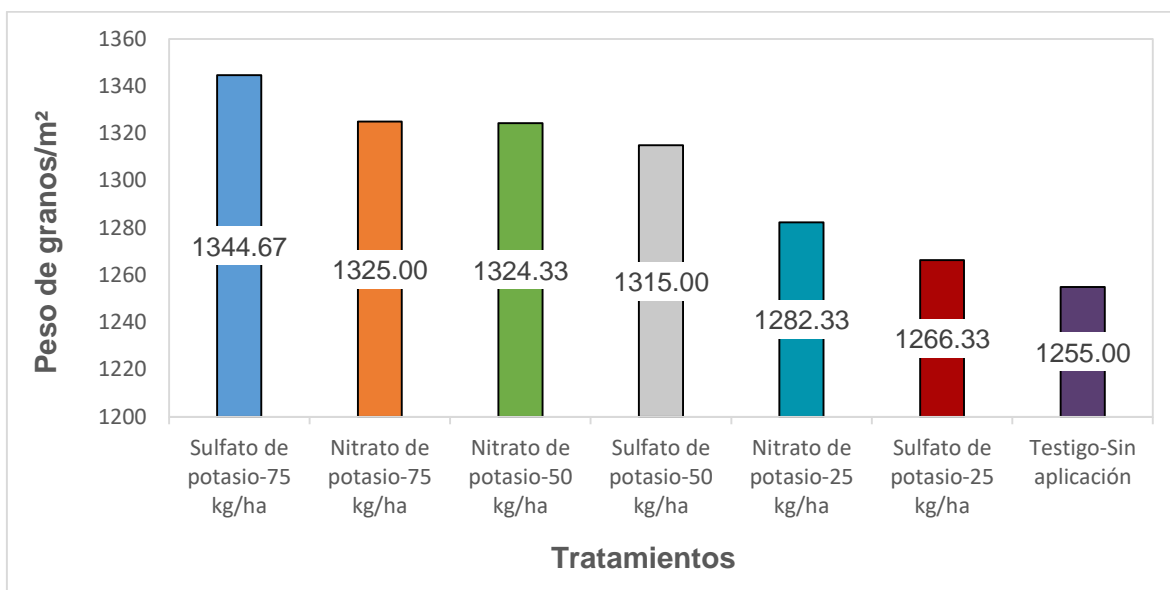


Ilustración 16- Peso de granos/m², según tratamientos.

4.8. Medidas de relación

4.8.1. Correlaciones de Pearson para los atributos evaluados

En el Cuadro 61 se muestra la matriz de correlaciones de Pearson para cada par de variables, observándose una asociación positiva y altamente significativa del rendimiento de grano con número de granos llenos por panoja, indicando que a medida que se incrementan estas variables independientes en una unidad, el rendimiento de grano se incrementa en kilos por hectárea.

Tabla 42 - Correlaciones de Pearson para los atributos evaluados.

	Rendimiento/Ha	Granos llenos/pa	N° de granos/M2
Granos llenos/panoja	0.626		
	0.002		
N° de granos/M2	0.350	0.669	
	0.120	0.001	
N° de panojas/golpe	-0.339	-0.414	0.400
	0.133	0.062	0.073
N° de panojas/M2	-0.339	-0.414	0.400
	0.133	0.062	0.073

Peso de granos/M	1.000	0.626	0.350
	*	0.002	0.120

Contenido de la celda: Correlación de Pearson
Valor P

4.8.2 Regresiones de las dosis de los fertilizantes versus los atributos evaluados.

Análisis de regresión lineal

Rendimiento/Ha

Tabla 43- Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor
const	12522.82	139.36	12231.13	12814.51	89.86	<0.0001
Dosis (kg/ha)	11.56	2.79	5.72	17.39	4.15	0.0005

Tabla 44- Análisis de varianza de la regresión de las dosis de fertilización versus Rendimiento/Ha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1860169.32	1	1860169.32	17.19	0.0005
Dosis (kg/ha)	1860169.32	1	1860169.32	17.19	0.0005
Error	2055954.49	19	108208.13		
Total	3916123.81	20			

Numero de granos llenos/panoja

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor
const	110.59	1.12	108.24	112.93	98.71	<0.0001
Dosis (kg/ha)	0.05	0.02	-1.8E-03	0.09	2.01	0.0584

Tabla 45- Análisis de varianza de la regresión de las dosis de fertilización versus Número de granos llenos/panoja

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	28.37	1	28.37	4.06	0.0584
Dosis (kg/ha)	28.37	1	28.37	4.06	0.0584
Error	132.87	19	6.99		
Total	161.24	20			

Número de granos de granos/m²

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor
const	49770.51	535.58	48649.53	50891.50	92.93	<0.0001
Dosis (kg/ha)	10.58	10.71	-11.84	33.00	0.99	0.3358

Tabla 46- Análisis de varianza de la regresión de las dosis de fertilización versus numero de granos/m2

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1558207.42	1	1558207.42	0.98	0.3358
Dosis (kg/ha)	1558207.42	1	1558207.42	0.98	0.3358
Error	30364887.82	19	1598151.99		
Total	31923095.24	20			

N° de panojas/golpe

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor
const	18.00	0.15	17.68	18.32	119.13	<0.0001
Dosis (kg/ha)	-3.3E-03	3.0E-03	-0.01	3.0E-03	-1.10	0.2838

Tabla 47- Análisis de varianza de la regresión de las dosis de fertilización versus N° de panojas/golpe

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.15	1	0.15	1.22	0.2838
Dosis (kg/ha)	0.15	1	0.15	1.22	0.2838
Error	2.42	19	0.13		
Total	2.57	20			

N° de panojas/m²

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor
const	450.00	3.78	442.09	457.91	119.13	<0.0001
Dosis (kg/ha)	-0.08	0.08	-0.24	0.07	-1.10	0.2838

Tabla 48- Análisis de varianza de la regresión de las dosis de fertilización versus N° de panojas/m2

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	96.73	1	96.73	1.22	0.2838
Dosis (kg/ha)	96.73	1	96.73	1.22	0.2838

Error	1510.42	19	79.50
Total	1607.14	20	

Peso de granos/m²

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor
const	1252.28	13.94	1223.11	1281.45	89.86	<0.0001
Dosis (kg/ha)	1.16	0.28	0.57	1.74	4.15	0.0005

Tabla 49- Análisis de varianza de la regresión de las dosis de fertilización versus Peso de granos/m²

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18601.69	1	18601.69	17.19	0.0005
Dosis (kg/ha)	18601.69	1	18601.69	17.19	0.0005
Error	20559.54	19	1082.08		
Total	39161.24	20			

4.9 Regresión múltiple

Al aplicar la metodología Stepwise (paso a paso), se encontró que la variable que más influyó en el rendimiento de grano fue: peso de grano por metro cuadrado, con un coeficiente de determinación de $R^2 = 99.9\%$.

La ecuación de regresión es:

$$\text{Rendimiento kg/ha/Ha} = -3.17549\text{e-}012 + 10 \text{ Peso de granos/m}^2$$

Los resultados indican que por cada gramo que se incremente por metro cuadrado, el rendimiento de grano por hectárea se incrementará en 10 gramos por metro cuadrado, manteniendo constante el resto de variables.

Regresión paso a paso: Rendimiento/ vs. Granos llenos, N° de granos, ...

Selección hacia delante. Alfa a entrar: 0.25

La respuesta es Rendimiento/Ha en 5 predictores, con N = 21

Tabla 50- Regresión múltiple

Paso	1
Constante	-0.0000000001346
Peso de granos/M2	10.0000
Valor T	*
Valor P	*
S	0.000000
R-cuad.	100.00
R-cuad. (ajustado)	100.00

4.10 Análisis multivariado

4.10.1 Análisis de componente principal para las variables evaluadas

Al realizar un análisis conjunto de las variables evaluadas mediante la técnica del análisis de componentes principales (ACP) se encontró que el primer componente (PC1) constituido por las variables: número de granos llenos por panoja, con el valor PC1 absolutos más altos (0.492), están referidos a productividad y explican el 58.2% de la variación total (Tabla 31). Mientras que el segundo componente (PC2) tiene el coeficiente más alto en términos absolutos de - 0.577 correspondiente a número de granos por panoja (Productividad), con un aporte de 30.9%. En conjunto los dos primeros componentes explican el 89.1%.

Tabla 51- Análisis de los valores y vectores propios de la matriz de correlación

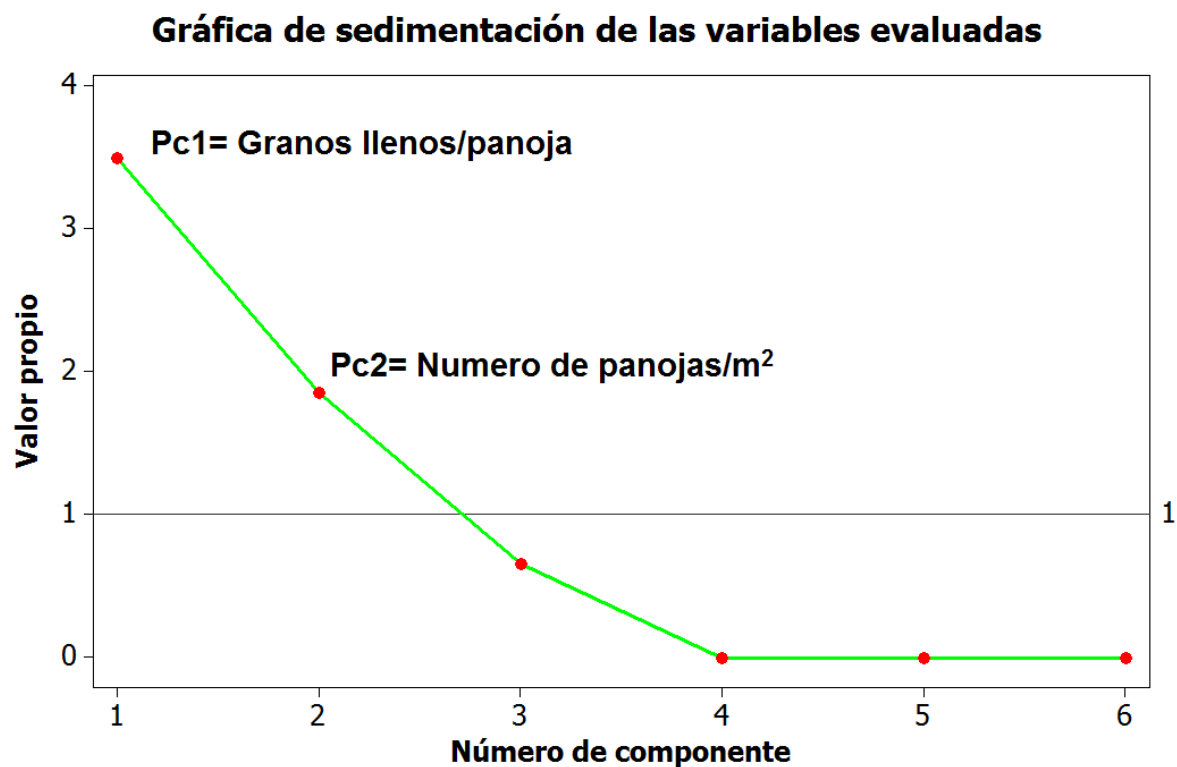
Valor propio	3.4906	1.8531	0.6562	0.0001	0.0000
Proporción	0.582	0.309	0.109	0.000	0.000
Acumulada	0.582	0.891	1.000	1.000	1.000

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4
Rendimiento/Ha	0.465	-0.223	0.484	0.002
Granos llenos/panoja	0.492	-0.032	-0.484	-0.723
N° de granos/M2	0.327	-0.484	-0.541	0.605
N° de panojas/golpe	-0.331	-0.577	0.053	-0.235
N° de panojas/M2	-0.331	-0.577	0.053	-0.235
Peso de granos/M2	0.465	-0.223	0.484	0.002

Pc1= Granos llenos/panoja

Pc2= Numero de panojas/m²

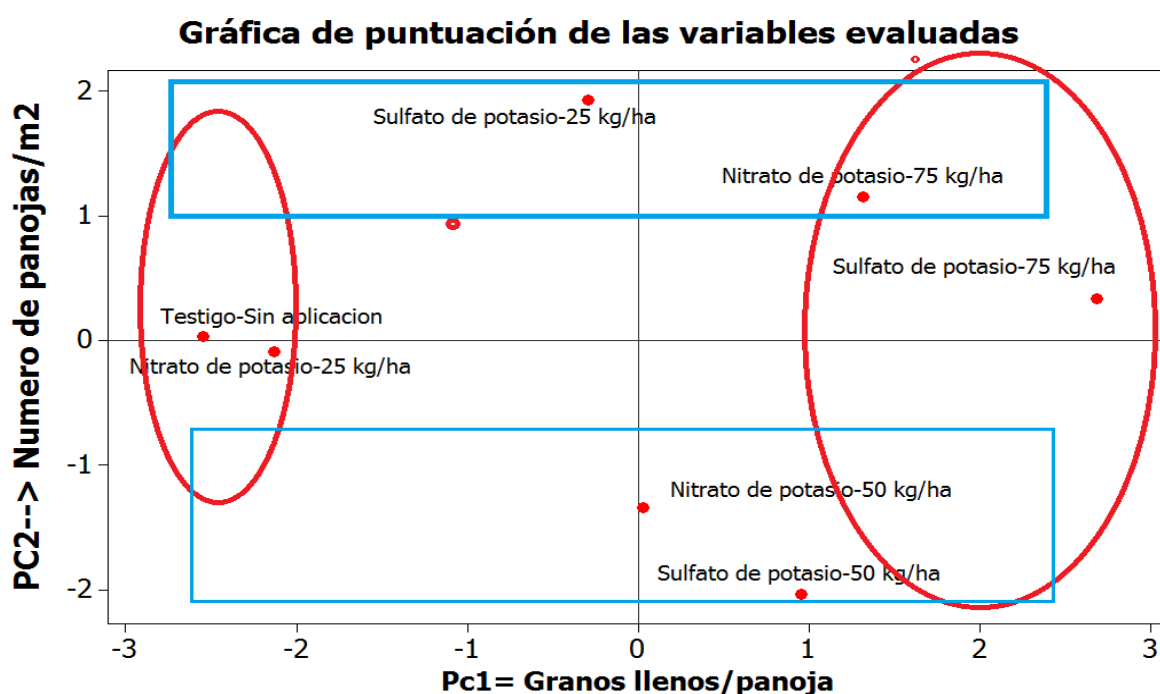
Ilustración 17- Gráfica de sedimentación de Rendimiento/Ha, ..., Peso de granos/M2



4.11 Gráfica de puntuación para las variables evaluadas

En el gráfico de puntuaciones (ilustración 18), se muestra el eje X, que está referido al primer componente (PC1), en la parte central se encuentra el cero (0), que divide al eje en valores positivos a la derecha del cero y negativos a la izquierda del cero. Además, se nota que los tratamientos: sulfato de potasio 75 kg/ha, es el tratamiento más productivo que se ubica a la derecha de la figura (Cuadrante I) y es el atributo más influyente en el rendimiento; mientras que el testigo sin aplicación del lado izquierdo no tiene los beneficios de los fertilizantes. Respecto al segundo componente (PC2) referido al número de panojas/m² está ubicado por encima del 0.0, mientras que los tratamientos con menor número de panojas por metro cuadrado están por debajo del 0.0, indicando que los mejores tratamientos están en los cuadrantes I y II, corroborando los resultados del análisis de varianza (Gráfico de puntuaciones).

Ilustración 18- Gráfica de puntuación para las variables evaluadas



4.12 Análisis económico

Para cada tratamiento por hectárea se efectuaron cálculos de costos. En cuanto a la variable rendimiento en grano, además de existir diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en el presente trabajo de investigación, económicamente hay una interesante posibilidad de rentabilidad, al hacer los cálculos económicos.

En la tabla 16 se dan los rendimientos, costo de los fertilizantes, costo de producción (CP=5800 soles en Zaña, ingreso total (IT), beneficio (IT-CT) o ingreso neto y el índice de rentabilidad (IT/CT), considerando para nuestro estudio precios y costos del producto comercial según precios en el mercado de Moshoqueque al 10 de agosto del 2018, lo que permite calcular el número de veces en que se recupera la inversión, se encontró que el mayor beneficio, se obtiene con el tratamiento: sulfato de potasio-75 kg/ha, con un beneficio de S/. 8553.3 y un índice de rentabilidad de 2.37, valor que indica que por cada sol que se invierta en producir arroz con la metodología usada, con aplicación de fertilizantes potásicos a una dosis de 75.0 kg/ha, se recupera el sol y se gana 1.37, soles, que es un buen negocio, que en porcentaje equivale al 137 % de ganancia, le sigue el tratamiento nitrato de potasio 50 kg/ha, con una rentabilidad de 2.39. Se observa que en todos los demás tratamientos existió una rentabilidad positiva, incluido el testigo por ser mayor que 1.0; por lo es positivo el efecto de los fertilizantes aplicados y el contenido en los suelos.

O.M.	Tratamientos	Rendimiento	K aplicado	ley	fertili	Precio/bolsa	precioFerti	Bolsas Ferti	IngresoTotal	Costo produ	aplic	CT	IngresoNet	Rent
1	Sulfato de potasio-75 kg/ha	13446.67	75	50	150.00	106.00	318.00	3.00	14791.3	5800	120.0	6238.0	8553.3	2.37
2	Nitrato de potasio-75 kg/ha	13250.00	75	46	163.04	97.00	316.30	3.26	14575.0	5800	130.4	6246.7	8328.3	2.33
3	Nitrato de potasio-50 kg/ha	13243.33	50	46	108.70	97.00	210.87	2.17	14567.7	5800	87.0	6097.8	8469.8	2.39
4	Sulfato de potasio-50 kg/ha	13150.00	50	50	100.00	106.00	212.00	2.00	14465.0	5800	80.0	6092.0	8373.0	2.37
5	Nitrato de potasio-25 kg/ha	12823.33	25	46	54.35	97.00	105.43	1.09	14105.7	5800	43.5	5948.9	8156.7	2.37
6	Sulfato de potasio-25 kg/ha	12663.33	25	50	50.00	106.00	106.00	1.00	13929.7	5800	40.0	5946.0	7983.7	2.34
7	Testigo-Sin aplicación	12550.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0	13805.0	5800	0.0	5800.0	8005.0	2.38
												Max	8553.3	

Tabla 52- Tabla Análisis económico en la comparación de dos fertilizantes (nitrato de potasio y sulfato de potasio) y su influencia en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa*), variedad Tinajones en el Valle de Zaña.

4.13 Óptimo económico

En la figura se muestra que el mejor modelo encontrado corresponde al modelo lineal por ser bajo el nivel de 75 kg/ha, por lo que la línea sigue en ascenso, no pudiéndose calcular con un modelo cuadrático.

Tabla 53- Rendimiento en grano con las dos fuentes

RENDIMIENTO EN GRANO CON LAS DOS FUENTES			
DOSIS	NITRATO D EPOTASIO	SULFATO DE POTASIO	
0	12550	12550	
25	12823.33	12663.33	
50	13243.33	13150	
75	1325	13446.67	

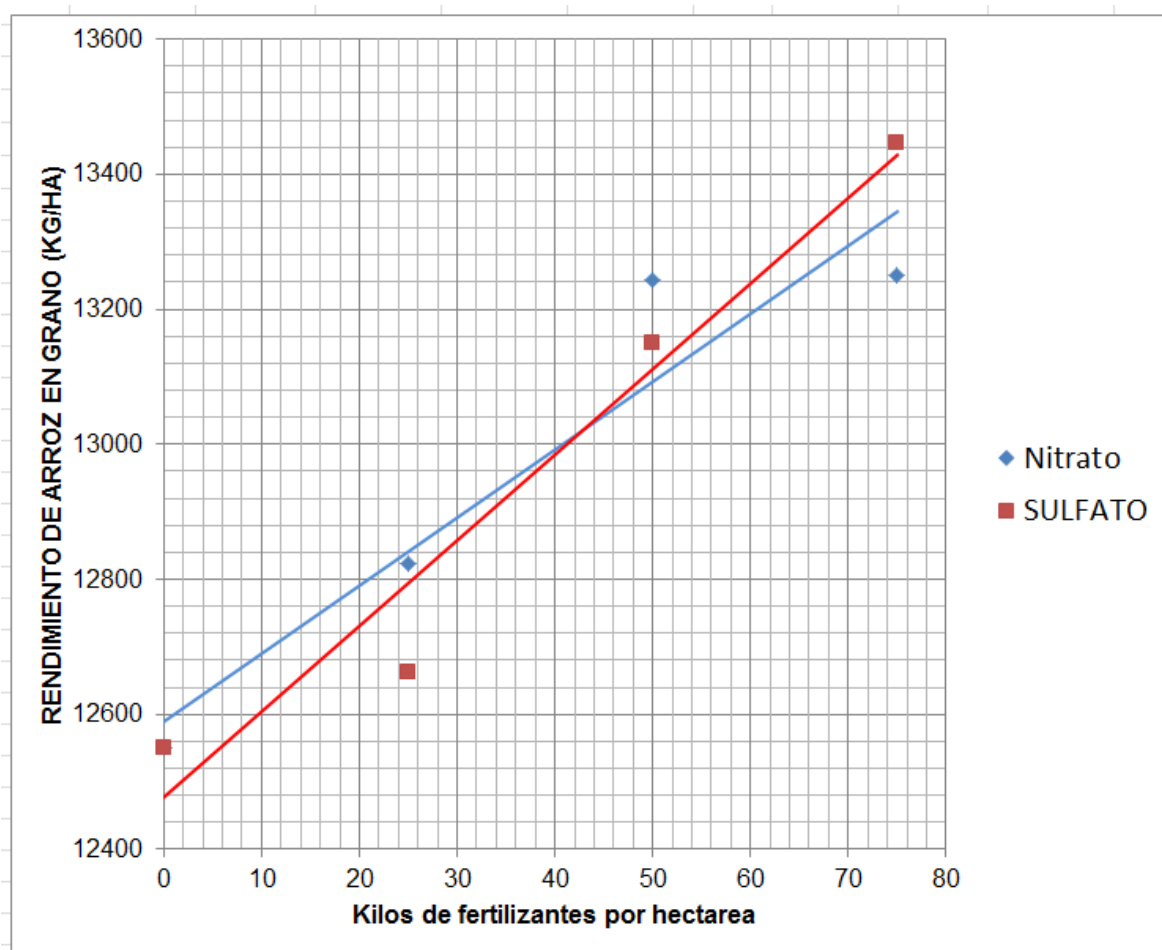


Ilustración 19- Rendimiento de arroz en grano

4.14 Análisis de regresión polinomial

4.14.1 Análisis de regresión polinomial: RDTO vs. NITRATO.

La ecuación de regresión es

$$\text{RDTO} = 12522 + 18.08 \text{ NITRATO} - 0.1067 \text{ NITRATO}^2$$

$$S = 125.220 \quad R\text{-cuad.} = 95.5\% \quad R\text{-cuad. (ajustado)} = 86.6\%$$

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	335297	167648	10.69	0.211
Error	1	15680	15680		
Total	3	350977			

Análisis de varianza secuencial

Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	317520	18.98	0.049
Cuadrática	1	17777	1.13	0.480

4.14.2 Análisis de regresión polinomial: RDTO vs. SULFATO.

La ecuación de regresión es

$$\text{RDTO}_1 = 12522 + 7.207 \text{ SULFATO} + 0.0733 \text{ SULFATO}^2$$

$$S = 125.967 \quad R\text{-cuad.} = 97.0\% \quad R\text{-cuad. (ajustado)} = 91.0\%$$

Tabla 54- Análisis de varianza

Análisis de varianza					
Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	512968	256484	16.16	0.173
Error	1	15868	15868		
Total	3	528836			

Tabla 55- Análisis de varianza secuencial

Análisis de varianza secuencial				
Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	504565	41.58	0.023
Cuadrática	1	8403	0.53	0.600

Conclusiones

Considerando las condiciones en la que se efectuó el presente trabajo de investigación, los materiales empleados, los objetivos propuestos y los resultados obtenidos con una confianza del 95% y un error $\alpha=0.05$, se concluye lo siguiente:

1. La aplicación de nitrato de potasio incrementó 700 kilos de arroz en cáscara por hectárea a dosis de 75 kg/ha, representando una ganancia del 5.58% respecto al testigo. Por su parte, el sulfato de potasio incrementó en 896.67 kg/ha, representando un aumento de 7.14%, respecto al testigo, en forma semejante al nitrato.
2. Los mejores rendimientos se obtuvieron con la dosis de 75 kg/ha tanto de nitrato de potasio como de sulfato de potasio, logrando rendimientos de 13250.0 y 13446.67 kilos de arroz en cáscara por hectárea, respectivamente.
3. Según la metodología Stepwise (regresión múltiple) se encontró que la variable que más influyó en el rendimiento de grano fue: número de granos por planta, con un coeficiente de determinación de $R^2 = 88.7\%$. Asimismo, las mejores variables que explican el trabajo son número de granos llenos por panoja y numero de panojas por metro cuadrado como lo confirman los resultados del análisis multivariado.
4. El tratamiento más rentable fue sulfato de potasio-75 kg/ha, con un beneficio de S/. 8553.3 y un índice de rentabilidad de 2.37.

Recomendaciones

1. Realizar trabajos de investigación complementarios en base a los resultados obtenidos en el presente estudio en zonas similares, probando dosis más altas.
2. En base a los resultados obtenidos, usar sulfato de potasio a dosis de 75 kg/ha, el cual obtuvo un beneficio S/. 8553.3 y un índice de rentabilidad de 2.37.
3. Mediante la obtención de mejores rendimientos, difundir los resultados a las organizaciones e instituciones ligadas al sector agrario estatales y particulares para su complementación o aplicación.

Referencias Bibliográficas

Castillo, M.(2016).*Estudio de tres distanciamientos de siembra y tres niveles de nitrógeno en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.), variedad tinajones en el valle de San Lorenzo* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (1989). *Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. Guía de estudio*. Cali, Colombia.

Contreras,L. (2016). *Aplicación de fósforo y micronutrientes en un sistema intensivo del cultivo de arroz (Oryza Sativa L.) variedad Tinajones en Jequetepeque* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Food and Nutrition Division.(2004).*El arroz y la nutrición humana*.Roma

Recuperado de:

<http://www.fao.org/rice2004/es/f-sheet/hoja3.pdf>

Frey, A., Baquero, J., Carvajal, J. & Villota, M. (1991). *Suelos y Fertilización en el cultivo de arroz en Colombia*. Colombia. Universidad de Tolima: Banco Interamericano de Arroz.

Recuperado de:

http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/2015/SB_191_R5_U58_Vol.4.pdf

Fumex.(2005).*Nitrato de Potasio*.Chile.Santiago

Recuperado de: http://www.fumex.cl/pdfs/fichas_tecnicas/nitrato_de_potasio.pdf

García, G. (2011). *Ensayo de diferentes niveles de nitrógeno y fósforo en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.), variedad ir-43, en el valle de san Lorenzo* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.

Hernández, L.(1984). *Características de tres variedades de Arroz para el Perú*. Revista Arroz. N• 46. Comité de Productores de Arroz. Lima. Perú. 64 p.

Hidalgo, R., Parra, A., Pozzolo, O., Ferrari, H., & Botta, G.(2005).*Incidencia de los contenidos de humedad del grano sobre las pérdidas en cosecha de Soja*.Buenos Aires.

Recuperado

de:

<http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/cosecha/IncidenciaContenidoHumedadGranosPerdidasSoja.asp>

International Plant Nutrition Institute.(2003).*Fuentes de nutrientes específicos*.Buenos Aires, Argentina.

Recuperado de:

[https://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/A48F7C5B42D2D6BF85257BBA0059A849/\\$FILE/NSS-ES-03.pdf](https://www.ipni.net/publication/nsses.nsf/0/A48F7C5B42D2D6BF85257BBA0059A849/$FILE/NSS-ES-03.pdf)

Martínez, A. (1988). *Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría*. México D. F: Trillas.

Nelson, T. (1996). *Fertilidad de los suelos y fertilizantes*. México: Hispanoamericana.

Instituto Nacional de Investigación Agraria.(2007).*Seguimiento del mercado del arroz*.

Recuperado de:

<http://www.inia.org/economic/est/publicaciones/publicaciones-sobre-el-arroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es/>

Ortega, B. (2006). *Fertilización del arroz*. Costa Rica. 18 p.

Patiño, W.(2015).*Influencia de dos fórmulas de abonamiento NPK y cinco momentos de aplicación sobre el rendimiento y otras características en el cultivo de arroz (Oryza Sativa L.) variedad IR-43, en el Valle San Lorenzo* (tesis de pregrado).Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.

Rodríguez, D.(2017).*Potencial de rendimiento de líneas mutantes de arroz (Oryza sativa L.) desarrolladas mediante aplicación de rayos gamma en condiciones del Valle de Jequetepeque* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Recuperado de:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2964/F30-R639-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rubio, T. (2008). *Estadística aplicada. Apuntes de estudio*. Lima: Universidad del Pacífico.

Steel, R. (1985). *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. Colombia: Mac Graw.

Steel, R. (1996). *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. México: Hispanoamericana.

Colina, E. (2011). *Determinación del efecto de microelementos en combinación con un programa de fertilización química, sobre el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa L.), variedad INIAP 15 bajo sistema de riego en la zona de Babahoyo* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.

Tanaka, I. (1976). *Influencia climática en la fotosíntesis y la respiración del arroz*. Páginas 223–247. Los Baños, Filipinas.

Recuperado de:

http://books.irri.org/9711040344_content.pdf

Tinarelli. A. (1989). *El Arroz*. España, Madrid.

Vargas Salazar, M. (2002). *Fertilización con cuatro niveles de nitrógeno, fósforo y potasio y curva de absorción de la variedad Fedearroz 50, en condiciones de secano*.

Recuperado de:

<http://www.conarroz.com/pdf/Proyecto%20de%20ensayo%20de%20nivles%20de%20fertilizacion.pdf>

YPF.(2000). *Nitrato de Potasio*. Recuperado de:
<https://www.ypf.com/productosyservicios/Descargas/NITRATO-DE-POTASIO.pdf>

Zapata, R.(2015). *Influencia de la variedad, fuente y dosis de nitrógeno en la producción del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) en siembra por trasplante* (tesis de pregrado).Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.

Recuperado de:

<http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/412/AGR-ZAP-CHI-15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Anexos



Foto 1: Marcado de bloques.



Foto 2: Marcado de bloques.



Foto 3: Bloques y tratamientos marcados.



Foto 4: Bloques y tratamientos marcados.



Foto 5: Recolección de muestras.



Foto 6: Recolección de muestras.



Foto 7: Recolección de muestras.



Foto 8: Recolección de muestras.