

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto del potasio foliar en el rendimiento y acumulación de
antocianinas en maíz morado (*Zea mays*) en condiciones de
Yanahuanca - Pasco**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autor:

Bach. Victor Raul POLINO HERRERA

Asesor:

MSc. Josué Hernán INGA ORTIZ

Cerro de Pasco – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto del potasio foliar en el rendimiento y acumulación de
antocianinas en maíz morado (*Zea mays*) en condiciones de
Yanahuanca - Pasco**

Sustentada y aprobada ante los miembros de los jurados:

Mg. Fidel DE LA ROSA AQUINO
PRESIDENTE

Mg. Fernando James ALVAREZ RODRIGUEZ
MIEMBRO

Mg. Moisés TONGO PIZARRO
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 033-2025/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
POLINO HERRERA, Victor Raul

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – Yanahuanca

Tipo de trabajo
Tesis

Efecto del potasio foliar en el rendimiento y acumulación de antocianinas en maíz morado (*Zea mays*) en condiciones de Yanahuanca - Pasco

Asesor
MSc. Inga Ortiz, Josué Hernán

Índice de similitud
8%

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 8 de julio de 2025



Firmado digitalmente por HUANES
TOVAR LUIS Antonio F ALJ
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08.07.2025 12:42:57 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
LHT/UIFCCAA

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico primeramente a Dios por permitirme llegar y sostenerme hasta estos momentos de mi vida, también se lo dedico a mis padres por su esfuerzo, dedicación, apoyo incondicional quienes estuvieron en todo tiempo dándome los ánimos, gracias por ser como son, su presencia ha ayudado a construir y forjar la persona que ahora soy.

A mis maestros y amigos que en el andar por la vida hemos encontrado, porque cada uno de ustedes quienes recorrieron el camino juntamente conmigo para lograr el objetivo de esta tesis. **Victor.**

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento al Mg. Josué Hernán Inga Ortiz por su valioso acompañamiento y orientación como asesor de la presente tesis.

De igual manera, reconozco la participación y el aporte académico de los miembros del jurado de tesis: Mg. Fernando James Álvarez Rodríguez, Mg. Fidel De la Rosa Aquino y Mg. Moisés Tongo Pizarro, quienes contribuyeron significativamente con sus observaciones y sugerencias a la elaboración del trabajo.

También extendiendo mi gratitud a todos los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía de la UNDAC, por compartir sus conocimientos y brindar consejos fundamentales para mi formación profesional.

Finalmente, agradezco al personal administrativo de la UNDAC por su apoyo en los procesos académicos y por sus valiosas orientaciones a lo largo de mis cinco años de estudios.

RESUMEN

La investigación se centró en determinar el efecto del potasio foliar en el rendimiento y la acumulación de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays*) bajo las condiciones de Yanahuanca - Pasco. Utilizando un enfoque cuantitativo, aplicado y experimental, se emplearon diferentes instrumentos y conocimientos previos para evaluar cómo el potasio foliar influye en el desarrollo y calidad del cultivo. Los resultados mostraron que el potasio foliar tiene un impacto significativo en el rendimiento y en la concentración de antocianinas, resaltando su importancia en la optimización del maíz morado. Se observó variabilidad en las características morfológicas y de crecimiento bajo diferentes tratamientos, con el T4 - Nik - 3.5 destacando en altura de planta, T1-NiK-2.0 destacó en inserción de mazorca y diámetro de tallo, mientras que el T4 - Nik - 3.5 fue notable en el inicio de floración, y el T2 - Nik - 2.5 en la longitud de mazorca. Los tratamientos T4 - Nik - 3.5 y T3 - Nik - 3.0, con dosis moderadas de potasio foliar, resultaron ser los más efectivos para maximizar la producción del cultivo, aumentando el número de hileras, granos por hilera, y el rendimiento por hectárea. Asimismo, valorar al T5 - Nik - 4.0, con la dosis más alta de potasio, obtuvo el mayor contenido de antocianinas, subrayando el papel crucial del potasio en la biosíntesis de estos compuestos.

Palabras clave: potasio foliar, antocianinas, maíz morado, rendimiento.

ABSTRACT

This research focused on determining the effect of foliar potassium on yield and anthocyanin accumulation in purple corn (*Zea mays*) under the conditions of Yanahuanca-Pasco. Using a quantitative, applied, and experimental approach, different instruments and prior knowledge were employed to evaluate how foliar potassium influences crop development and quality. The results showed that foliar potassium has a significant impact on yield and anthocyanin concentration, highlighting its importance in the optimization of purple corn. Variability in morphological and growth characteristics was observed under different treatments, with T4-Nik-3.5 standing out in plant height, T1-NiK-2.0 outstanding in ear insertion and stem diameter, while T4-Nik-3.5 was notable in the onset of flowering, and T2-Nik-2.5 in ear length. Treatments T4 - Nik - 3.5 and T3 - Nik - 3.0, with moderate doses of foliar potassium, proved to be the most effective in maximizing crop production, increasing the number of rows, grains per row, and yield per hectare. Likewise, T5 - Nik - 4.0, with the highest dose of potassium, obtained the highest anthocyanin content, highlighting the crucial role of potassium in the biosynthesis of these compounds.

Keywords: foliar potassium, anthocyanins, purple corn, yield.

INTRODUCCIÓN

El maíz morado (*Zea mays* L.) es una variedad de maíz originaria de los Andes centrales, particularmente del Perú, donde ha sido cultivado desde épocas preincaicas. Esta variedad se distingue no solo por su pigmentación intensa, sino también por su alto contenido de antocianinas, compuestos bioactivos que poseen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimutagénicas, y potenciales efectos preventivos frente a enfermedades crónicas no transmisibles (Gonzales & Gonzales, 2011; Castañeda-Ovando et al., 2009). Su relevancia ha trascendido la gastronomía tradicional peruana —como en la preparación de la chicha morada y mazamorra— hacia el mercado internacional, donde es valorado como colorante natural y componente funcional en alimentos nutraceuticos (Delgado-Vargas & Paredes-López, 2003).

Desde el punto de vista agronómico, el cultivo del maíz morado representa una alternativa estratégica para pequeños productores de la sierra peruana, en particular en regiones como Yanahuanca (Pasco), donde las condiciones agroecológicas son favorables. Sin embargo, su rendimiento y calidad nutricional dependen críticamente del manejo técnico, especialmente de la fertilización. En este contexto, el potasio ha cobrado atención por su influencia directa en la activación enzimática, la fotosíntesis, el equilibrio hídrico, la translocación de azúcares y la síntesis de metabolitos secundarios como las antocianinas (Marschner, 2012; Greenwood & Earnshaw, 1998).

El uso de fertilización foliar con potasio permite una absorción más eficiente, especialmente en etapas fenológicas críticas como floración y llenado de grano (Pérez et al., 2021). Investigaciones previas han demostrado que la aplicación de potasio puede mejorar significativamente el rendimiento de cultivos como el maíz y, además, elevar la concentración de antocianinas en los tejidos vegetales (Gómez & Vázquez, 2023). No obstante, existe escasa evidencia experimental localizada que evalúe estos efectos en condiciones específicas como las del distrito de Yanahuanca, donde los agricultores aún desconocen prácticas adecuadas de fertilización en maíz morado.

La presente investigación se desarrolla en este contexto, con el objetivo de determinar el efecto del potasio foliar sobre el rendimiento y la acumulación de antocianinas en *Zea mays* L. morado. En el Capítulo I se aborda la problemática, formulación de objetivos, justificación y limitaciones del estudio. El Capítulo II revisa los antecedentes científicos y se sustenta en teorías fisiológicas, bioquímicas y agronómicas, planteando además la hipótesis de investigación. En el Capítulo III se describe la metodología, el diseño experimental y las técnicas de recolección y análisis de datos. El Capítulo IV presenta los resultados obtenidos y su respectiva discusión, contrastando con investigaciones similares. Finalmente, se proponen conclusiones, recomendaciones y se incluye la bibliografía utilizada.

Esta tesis busca contribuir al conocimiento técnico sobre el manejo nutricional del maíz morado y generar información localmente aplicable para los agricultores de la región Pasco, promoviendo una agricultura más productiva, sostenible y con valor agregado.

ÍNDICE

| | |
|-------------------|--|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTO | |
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| INTRODUCCIÓN | |
| ÍNDICE | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| ÍNDICE DE FIGURAS | |

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

| | | |
|--------|---|---|
| 1.1. | Identificación y determinación del problema | 1 |
| 1.2. | Delimitación de la investigación..... | 3 |
| 1.3. | Formulación del problema | 4 |
| 1.3.1. | Problema general | 4 |
| 1.3.2. | Problemas específicos..... | 4 |
| 1.4. | Formulación de objetivos..... | 4 |
| 1.4.1. | Objetivo general..... | 4 |
| 1.4.2. | Objetivos específicos | 4 |
| 1.5. | Justificación de la investigación..... | 5 |
| 1.6. | Limitaciones de la investigación | 6 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | | |
|--------|--|----|
| 2.1. | Antecedentes del estudio | 7 |
| 2.2. | Bases teóricas - científicas..... | 11 |
| 2.2.1. | Maíz morado..... | 11 |
| 2.2.2. | Manejo nutricional del maíz morado | 15 |

| | |
|--|----|
| 2.2.3. Potasio foliar | 16 |
| 2.2.4. Nitrofos K a usar | 16 |
| 2.3. Definición de términos básicos | 17 |
| 2.4. Formulación de hipótesis..... | 18 |
| 2.4.1. Hipótesis general | 18 |
| 2.4.2. Hipótesis específicas | 18 |
| 2.5. Identificación de variables | 19 |
| 2.6. Definición operacional de variables e indicadores | 19 |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

| | |
|--|----|
| 3.1. Tipo de investigación..... | 20 |
| 3.2. Nivel de investigación..... | 20 |
| 3.3. Métodos de investigación | 20 |
| 3.3.1. Conducción del experimento..... | 20 |
| 3.4. Diseño de investigación..... | 22 |
| 3.4.1. Características del experimento..... | 22 |
| 3.5. Población y muestra | 24 |
| 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 24 |
| 3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación..... | 24 |
| 3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos..... | 24 |
| 3.9. Tratamiento estadístico | 27 |
| 3.10. Orientación ética filosófica y epistémica | 28 |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|---|----|
| 4.1. Descripción del trabajo de campo | 29 |
| 4.1.1. Ubicación geográfica y características meteorológicas..... | 29 |
| 4.1.2. Análisis de suelos..... | 30 |
| 4.1.3. Datos meteorológicos..... | 31 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.2. | Presentación, análisis e interpretación de resultados | 32 |
| 4.2.1. | Características agronómicas..... | 32 |
| 4.2.2. | Componentes de rendimiento | 41 |
| 4.2.3. | Contenido de antocianinas | 50 |
| 4.3. | Prueba de hipótesis..... | 51 |
| 4.4. | Discusión de resultados | 51 |
| 4.4.1. | Características agronómicas..... | 51 |
| 4.4.2. | Componentes de rendimiento | 54 |
| 4.4.3. | Contenido de antocianinas | 57 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 1 | <i>Operacionalización de variables</i> | 19 |
| Tabla 2 | <i>Tratamientos en estudio de maíz morado</i> | 27 |
| Tabla 3 | <i>Análisis de varianza para un DCA</i> | 27 |
| Tabla 4 | <i>Resultados del análisis de suelo de la investigación</i> | 30 |
| Tabla 5 | <i>Datos meteorológicos durante el desarrollo de la investigación año 2020</i> | 31 |
| Tabla 6 | <i>Análisis de varianza para altura de planta a la cosecha (m)</i> | 32 |
| Tabla 7 | <i>Prueba de Tukey para altura de planta a la cosecha (m)</i> | 32 |
| Tabla 8 | <i>Análisis de varianza para la altura a la inserción de la mazorca (m)</i> | 33 |
| Tabla 9 | <i>Prueba de Tukey para la altura a la inserción de la mazorca (m)</i> | 34 |
| Tabla 10 | <i>Análisis de varianza para diámetro de tallo (cm)</i> | 35 |
| Tabla 11 | <i>Prueba de Tukey para diámetro de tallo (cm)</i> | 35 |
| Tabla 12 | <i>Análisis de varianza para días al inicio de floración (n°)</i> | 36 |
| Tabla 13 | <i>Prueba de Tukey para días al inicio de floración (n°)</i> | 37 |
| Tabla 14 | <i>Análisis de varianza para longitud de mazorca (cm)</i> | 38 |
| Tabla 15 | <i>Prueba de Tukey para longitud de mazorca (cm)</i> | 38 |
| Tabla 16 | <i>Análisis de varianza para diámetro de mazorca (cm)</i> | 39 |
| Tabla 17 | <i>Prueba de Tukey para diámetro de mazorca (cm)</i> | 40 |
| Tabla 18 | <i>Análisis de varianza para número de hileras por mazorcas (n°)</i> | 41 |
| Tabla 19 | <i>Prueba de Tukey para número de hileras por mazorcas (n°)</i> | 41 |
| Tabla 20 | <i>Análisis de varianza para número de granos por hileras (n°)</i> | 42 |
| Tabla 21 | <i>Prueba de Tukey para número de granos por hileras (n°)</i> | 43 |
| Tabla 22 | <i>Análisis de varianza para número de granos por mazorcas (n°)</i> | 44 |
| Tabla 23 | <i>Prueba de Tukey para número de granos por mazorcas (n°)</i> | 44 |
| Tabla 24 | <i>Análisis de varianza para peso de tuza o coronta por mazorca (g)</i> | 45 |
| Tabla 25 | <i>Prueba de Tukey para peso de tuza o coronta por mazorca (g)</i> | 46 |
| Tabla 26 | <i>Análisis de varianza para peso de mazorca (g)</i> | 47 |
| Tabla 27 | <i>Prueba de Tukey para peso de mazorca (g)</i> | 47 |
| Tabla 28 | <i>Análisis de varianza para rendimiento por hectárea (kg/ha)</i> | 48 |
| Tabla 29 | <i>Prueba de Tukey para rendimiento por hectárea (kg/ha)</i> | 49 |
| Tabla 30 | <i>Análisis de varianza para contenido de antocianinas (mg/g)</i> | 50 |
| Tabla 31 | <i>Prueba de Tukey para contenido de antocianinas (mg/g)</i> | 50 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Croquis del campo experimental</i> | 23 |
| Figura 2 <i>Detalles de la parcela experimental</i> | 23 |
| Figura 3 <i>Altura de planta a la cosecha en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (m)</i> | 33 |
| Figura 4 <i>Altura a la inserción de la mazorca en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (m)</i> | 34 |
| Figura 5 <i>Diámetro de tallo en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (m)</i> | 36 |
| Figura 6 <i>Días al inicio de floración en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (n°)</i> | 37 |
| Figura 7 <i>Longitud de mazorca en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (cm)</i> | 39 |
| Figura 8 <i>Diámetro de mazorca en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (cm)</i> | 40 |
| Figura 9 <i>Número de hileras por mazorcas en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (n°)</i> | 42 |
| Figura 10 <i>Número de granos por hileras en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (n°)</i> | 43 |
| Figura 11 <i>Número de granos por mazorcas en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (n°)</i> | 45 |
| Figura 12 <i>Peso de tuza o coronta por mazorca en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (g)</i> | 46 |
| Figura 13 <i>Peso de mazorca en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (g)</i> | 48 |
| Figura 14 <i>Rendimiento por hectárea en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (kg/ha)</i> | 49 |
| Figura 15 <i>Contenido de antocianinas en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (mg/g)</i> | 51 |

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial por su valor alimentario, industrial y cultural. En el Perú, el maíz morado ha cobrado especial interés debido a su alto contenido de antocianinas, pigmentos naturales con efectos antioxidantes, antiinflamatorios y potenciales beneficios para la salud humana, incluyendo la prevención de enfermedades cardiovasculares y metabólicas (Delgado-Vargas & Paredes-López, 2003; Castañeda-Ovando et al., 2009). Estos compuestos fenólicos, que se acumulan principalmente en el pericarpio, coronta y brácteas, han convertido al maíz morado en un producto de creciente demanda en los mercados internacionales, tanto como alimento funcional como colorante natural (Yang & Zhai, 2010).

A pesar de su valor nutricional y económico, el rendimiento del maíz morado en zonas altoandinas como Yanahuanca (Pasco) es limitado. Una de las principales causas es el manejo inadecuado de la fertilización, especialmente en lo que respecta al potasio, un nutriente esencial para el crecimiento vegetal y la calidad del grano. El potasio regula procesos fisiológicos claves como la apertura estomática, la síntesis de proteínas, el transporte de carbohidratos y la producción de metabolitos secundarios como las antocianinas

(Marschner, 2012; Blevins, 1994). Estudios han demostrado que la aplicación de potasio foliar en etapas críticas del desarrollo del cultivo puede mejorar significativamente el rendimiento y aumentar la concentración de antocianinas en los tejidos vegetales (Pérez et al., 2021; Gómez & Vázquez, 2023).

En Yanahuanca, si bien las condiciones agroecológicas son propicias para el cultivo del maíz morado, aún se carece de un manejo técnico adecuado basado en evidencias científicas. La mayoría de agricultores emplea prácticas tradicionales, con escaso conocimiento sobre la fertilización foliar y sus efectos en la productividad y calidad del cultivo. Asimismo, no se cuenta con estudios locales que evalúen el impacto de diferentes dosis de potasio foliar sobre variables agronómicas y funcionales del maíz morado, lo que limita la toma de decisiones informada y el aprovechamiento del potencial agroexportador del cultivo.

Por tanto, la presente investigación parte de la necesidad de generar conocimiento técnico-científico sobre el efecto del potasio foliar en el rendimiento y la acumulación de antocianinas en maíz morado cultivado en condiciones altoandinas. La problemática se enmarca en tres niveles: (i) agronómico, por la baja productividad y desconocimiento del manejo nutricional especializado; (ii) económico, por la limitada competitividad del producto en mercados de alto valor; y (iii) científico, por la ausencia de investigaciones aplicadas en contextos locales como el de Yanahuanca.

El abordaje de este problema permitirá no solo optimizar el rendimiento y calidad del maíz morado, sino también contribuir al desarrollo sostenible de la agricultura andina mediante tecnologías accesibles y adaptadas al contexto local. Además, aportará evidencia útil para la formulación de estrategias de extensión agrícola orientadas a mejorar la calidad de vida de los pequeños productores.

1.2. Delimitación de la investigación

La presente investigación se desarrolló en el distrito de Yanahuanca, ubicado en la provincia Daniel Alcides Carrión, región Pasco, específicamente en la margen derecha del río Chaupihuaranga. Esta zona presenta condiciones agroclimáticas particulares —como altitud, temperatura, humedad y precipitación— que influyen directamente en el desarrollo del cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.), por lo que los resultados obtenidos estarán referidos exclusivamente a este contexto geográfico y climático.

En cuanto al ámbito temporal, el experimento se llevó a cabo entre el 20 de enero y el 9 de agosto del año 2020, periodo que abarcó desde la siembra hasta la cosecha del cultivo. Cabe señalar que, aunque el maíz morado puede adaptarse a diversas épocas del año en la provincia, los hallazgos de este estudio están limitados a las condiciones ambientales de dicho intervalo.

Respecto al diseño experimental, la investigación se estructuró en bloques completos al azar (DCA), con seis tratamientos y tres repeticiones, evaluando un total de 1080 plantas, de las cuales se tomaron muestras representativas para el análisis estadístico. Esta delimitación responde a la disponibilidad de recursos humanos, materiales y logísticos con los que se contaba.

Es importante mencionar que este estudio no contempla un análisis económico de los tratamientos aplicados, ni evalúa variables de tipo social, cultural o histórico relacionadas con el cultivo de maíz morado en la zona. Asimismo, la ejecución de la investigación estuvo a cargo del equipo conformado por el tesista y su asesor, quienes condujeron todas las etapas del proceso experimental.

En consecuencia, los resultados y conclusiones de este trabajo se circunscriben a las condiciones edafoclimáticas, temporales y metodológicas

bajo las cuales fue desarrollado, y su aplicación en otras realidades deberá considerar las particularidades de cada entorno.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del potasio foliar en el rendimiento y acumulación de antocianinas en maíz morado (*Zea mays*) en condiciones de Yanahuanca-Pasco?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cómo son las características agronómicas del maíz morado con la aplicación de potasio foliar?

¿Cómo son los componentes de rendimiento del maíz morado con la aplicación de potasio foliar?

¿Cuál es la concentración de antocianinas del maíz morado con la aplicación de potasio foliar?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto del potasio foliar en el rendimiento y acumulación de antocianinas en maíz morado (*Zea mays*) en condiciones de Yanahuanca-Pasco.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características agronómicas del maíz morado con la aplicación de potasio foliar.
- Evaluar los componentes de rendimiento del maíz morado con la aplicación de potasio foliar.
- Determinar la concentración de antocianinas del maíz morado con la aplicación de potasio foliar.

1.5. Justificación de la investigación

Escasez de recursos agrícolas: Dado que el sistema agrícola es una fuente de alimentación importante en nuestro país, actualmente se necesitan métodos para poder tener una buena producción en los cultivos importantes para la alimentación humana, este estudio buscó explorar nuevas alternativas de producción que sean más eficientes para el cultivo de maíz en los lugares de escasa siembra y falta de conocimiento.

Optimización de la producción agrícola: En un contexto de crecimiento poblacional y demanda de alimentos, es trascendental encontrar distintos métodos para una buena producción agrícola, que maximicen la baja producción de algunos cultivos. La aplicación del potasio foliar sería la solución para optimizar la producción de maíz en distritos como Yanahuanca.

Mejora de la calidad de los cultivos: El estudio buscó determinar si el potasio foliar tiene un impacto significativo en el rendimiento y acumulación de antocianinas en el cultivo de maíz morado. Se encontró que este producto influye en aspectos como el aumento de la concentración de antocianinas, el cual podría promoverse como una forma de obtener productos de mejor calidad.

Desarrollo sostenible: Al analizar el efecto del potasio foliar, se podría contribuir al conocimiento sobre prácticas agrícolas sostenibles. Se demostró que son compuestos orgánicos que necesitan los cultivos y minimiza el impacto ambiental, podría promoverse como una alternativa más amigable con el entorno.

Transferencia de tecnología agrícola: La investigación proporciona información valiosa para los agricultores y comunidades interesadas en probar productos orgánicos que ayudan a los cultivos y mejoren su calidad nutricional, adaptándose a cualquier lugar o sistema tecnológicos.

Generación de conocimiento local: La ejecución de la investigación en Yanahuanca permitirá generar conocimientos contextualizados, con resultados

potencialmente aplicables a las condiciones agroecológicas propias de esta región.

Contribución al campo de la agronomía: Esta investigación puede enriquecer la base científica en el ámbito de la agronomía, particularmente en lo relacionado con la producción de cultivos mediante la aplicación de compuestos orgánicos que optimicen la calidad del maíz morado.

1.6. Limitaciones de la investigación

Durante el desarrollo de la presente investigación se presentaron diversas limitaciones que podrían haber influido en la ejecución y en la generalización de los resultados:

Condiciones climáticas adversas: La investigación se llevó a cabo en una época del año caracterizada por una alta variabilidad climática, especialmente marcada por periodos prolongados de sequía. Estos fenómenos, relacionados con el cambio climático, afectaron el comportamiento fenológico del cultivo de maíz morado, limitando en algunos casos su desarrollo óptimo.

Restricciones institucionales: Se presentaron algunas dificultades administrativas al interior de la universidad, lo cual generó demoras en la gestión de recursos logísticos, materiales y en los trámites necesarios para la implementación del experimento en campo.

Escasez de antecedentes científicos locales: La revisión bibliográfica reveló una limitada disponibilidad de estudios previos en la zona de Yanahuanca que relacionen el uso de fertilización foliar con el rendimiento y contenido de antocianinas en el maíz morado. Esta carencia dificultó la comparación de los resultados y la formulación de hipótesis con base en referencias locales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

En el distrito de Yanahuanca, no se han realizado trabajos de investigación con el uso de potasio foliar en el rendimiento y acumulación de antocianinas, sin embargo, en otras latitudes existen trabajos en maíz morado con los usos de estas sustancias orgánicas.

Andrade (2022) llevó a cabo un estudio en Lima, Perú, para evaluar el efecto de distintas fuentes orgánicas sobre el rendimiento y la concentración de antocianinas en maíz morado (*Zea mays* L.) bajo condiciones de riego por goteo. Entre las variables analizadas se incluyeron la altura de planta, altura de inserción de la mazorca, número, longitud y diámetro de mazorcas, rendimiento por unidad de área y contenido de antocianinas. Los resultados indicaron que los mayores rendimientos se obtuvieron con la aplicación de sustancia húmica (5,9 t/ha) y fertilización inorgánica (5,7 t/ha). Las plantas con mayor altura y mazorcas más desarrolladas fueron aquellas tratadas con abono mineral (2,5 m y 1,7 m), humus de lombriz (2,26 m y 1,55 m), y compost en combinación con sustancia húmica (2,24 m y 1,63 m). Asimismo, se observó que la sustancia húmica incrementó significativamente la longitud, el diámetro y el número de mazorcas. En cuanto a las antocianinas, el mayor contenido se alcanzó

utilizando compost combinado con sustancia húmica, así como con fertilizantes convencionales. En conclusión, el uso de abonos orgánicos, ya sea de forma individual o combinada, aumentó el rendimiento de mazorca en un 65,3% y el contenido de antocianinas en un 52% en comparación con el tratamiento testigo.

López (2019), al estudiar el efecto de la densidad de siembra y los momentos de aplicación de fósforo sobre el rendimiento del maíz morado (*Zea mays* L.) en condiciones de riego por goteo, determinó que la concentración de antocianinas en la coronta varió significativamente según la densidad poblacional. La mayor concentración se registró con 60,000 plantas por hectárea (1,044 mg/100g), superando en un 50.1% al valor obtenido con 70,000 plantas por hectárea (696 mg/100g). En cuanto a las antocianinas en grano, no se hallaron diferencias estadísticas significativas; sin embargo, el valor más alto también se alcanzó con 60,000 plantas/ha (186 mg/100g). Respecto al momento de aplicación del fósforo, no se identificaron efectos estadísticamente significativos; no obstante, se observó que la mayor concentración en coronta (886 mg/100g) se obtuvo cuando el fósforo se aplicó durante la fase de crecimiento lento (45 días después de la emergencia), mientras que en grano (196 mg/100g), el mayor valor se logró al aplicar el 100% del fósforo al inicio del crecimiento (7 días después de la emergencia).

Puquín (2023), al evaluar el rendimiento y el contenido de antocianinas en dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) bajo diferentes niveles de fertilización en la zona de la Jalca-Amazonas, analizó variables como la altura de inserción de la mazorca, los días al 50 % de floración masculina y femenina, el número de granos por mazorca, el peso de mazorca, de grano y de coronta, así como el rendimiento y la concentración de antocianinas. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA y la prueba de Tukey ($p \leq 0.01$), utilizando el software Infostat versión 2019. Los resultados mostraron que la variedad Maíz Morado Mejorado alcanzó el mayor rendimiento de grano con la fertilización F1

(120-110-80 NPK), específicamente en el tratamiento T5, registrando 1.54 t/ha. Por otro lado, el mayor contenido de antocianinas en la coronta y bráctea se observó en los tratamientos T4 (MMM-F0) y T1 (INIA 601-F0), sin aplicación de fertilizantes (F0: 0-0-0 NPK), con concentraciones de 3.21 % y 2.98 %, respectivamente, lo que sugiere que el suelo aún contaba con nutrientes disponibles que favorecieron esta acumulación.

Quispe, Arroyo y Gorriti (2011) llevaron a cabo un estudio en el distrito de La Joya, Arequipa, donde evaluaron las características morfológicas y químicas de tres cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.): TC, PM 581 y TJ. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en la altura de planta a los 8, 15, 30, 60, 90, 120 y 150 días después de la siembra. Asimismo, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el peso de la planta al momento de la cosecha y en atributos morfológicos como el diámetro de mazorca, diámetro de coronta y peso de coronta. En cuanto al contenido de antocianinas y fenoles totales en las corontas, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$), destacando el cultivar PM 581 por su mayor concentración. Además, la actividad antioxidante evaluada en distintos tiempos (1, 3, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos) evidenció diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre los extractos de coronta y las soluciones estándar de ácido gálico y ácido ascórbico. Finalmente, el análisis proximal de los granos se mantuvo dentro de los rangos comúnmente reportados en la literatura científica.

Quintos y Chilcón (2024), en su estudio sobre el efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento y la calidad del maíz (*Zea mays* L.) variedad INIA 601 en la provincia de Cutervo, reportaron que la aplicación de abonos orgánicos en diferentes dosis generó diferencias estadísticas altamente significativas en los promedios evaluados. La dosis de 3.0 t/ha fue la que alcanzó el mayor rendimiento, con 3.35 t/ha, superando estadísticamente a las demás. Al

comparar las fuentes orgánicas con el tratamiento convencional utilizado por el agricultor (46 kg de N), no se encontraron diferencias significativas; sin embargo, en comparación con el testigo absoluto (sin fertilización), sí se observaron diferencias estadísticas, obteniéndose un rendimiento menor de aproximadamente 2.13 t/ha, lo que representa una reducción del 33 %. Las variables que más influyeron en el rendimiento fueron la longitud y el diámetro de la mazorca, el número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera. En el análisis económico, el tratamiento más rentable fue el guano de isla aplicado a una dosis de 1.0 t/ha, que generó un beneficio económico de S/ 3,300.00 y un índice de rentabilidad de 1.44.

Rabanal y Medina (2021), al realizar un estudio sobre cultivares de maíz morado con alto rendimiento y elevado contenido de antocianinas en la región Cajamarca, Perú, identificaron a las antocianinas como los principales metabolitos secundarios presentes en este cultivo. Estas sustancias, pertenecientes al grupo de los flavonoides polifenólicos, destacan por su significativa actividad biológica, especialmente por su elevado poder antioxidante. El propósito del estudio fue identificar cultivares que no solo presenten un buen rendimiento en la producción de grano, sino también altos niveles de antocianinas en el olote y las brácteas, con el objetivo de incrementar los ingresos de los productores locales. El experimento se desarrolló con tres cultivares en cuatro localidades de Cajamarca, siendo Chala la que presentó las condiciones más favorables. En esta zona, los cultivares INIA-601 y MM alcanzaron los mayores rendimientos, con 4.38 t/ha y 3.75 t/ha, respectivamente. Asimismo, estos cultivares registraron las mayores concentraciones de antocianinas: INIA-601 con 7.9 mg/g en el olote y 4.53 mg/g en las brácteas; y MM con 7.2 mg/g y 2.1 mg/g, respectivamente. Estos resultados posicionan a ambas variedades como alternativas prometedoras por su productividad y alto contenido funcional.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Maíz morado

A. Origen

De acuerdo con Sevilla y Valdez (1985), el maíz morado posee un origen muy antiguo y ha sido cultivado en el Perú desde tiempos precolombinos. Aunque se considera que proviene de las zonas altas de México o América Central, no se ha identificado en estado silvestre, ni tiene la capacidad de competir con especies nativas en ambientes naturales. En la época prehispánica, este tipo de maíz era conocido con nombres como oro, sara o kulli, y era cultivado tanto por agricultores del Yucatán como por las tribus Hobi y Navajo en el norte de América. Además, los autores indican que el cultivar mejorado PMV-581 proviene de la variedad Morado de Caraz, obtenida inicialmente mediante selección fenotípica de mazorcas y color del grano, y posteriormente a través de selección masal y del tipo mazorca-hilera, siendo recomendable para su siembra en la costa peruana. El nombre "maíz morado" se debe al color intensamente oscuro —casi negro— del pericarpio, glumas y coronta, tonalidad causada por la acumulación de pigmentos antociánicos, los cuales se utilizan tradicionalmente en el Perú para preparar bebidas y postres típicos como la chicha morada y la mazamorra morada.

B. Taxonomía

Según Takhtajan (1980) el maíz se clasifica de la siguiente manera:

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida o Monocotiledónea

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Especie: *Zea mays* L.

C. Descripción botánica

Hanway, citado por Mayanga (2011), señala que el desarrollo del maíz se divide en dos fases principales: el crecimiento vegetativo (V) y el reproductivo (R). Cada una de estas fases comprende diversas etapas fenológicas. En la fase vegetativa se identifican: VE (emergencia), V1 (primera hoja), V2 (segunda hoja), V3 (tercera hoja), V6 (sexta hoja), V9 (novena hoja), V12 (duodécima hoja), V15 (décimo quinta hoja), V18 (décimo octava hoja) y VT (floración masculina). Por su parte, el estado reproductivo abarca las etapas: R1 (floración femenina), R2 (grano perlita), R3 (grano lechoso), R4 (grano masoso), R5 (grano dentado) y R6 (madurez fisiológica).

Por otro lado, Takhtajan (1980) describe que el sistema radicular del maíz es de tipo fasciculado, cumpliendo la función de sostener firmemente la planta. En ciertas ocasiones, algunos nudos radiculares emergen al nivel del suelo, especialmente en raíces secundarias o adventicias. El tallo es recto, simple y robusto, puede alcanzar hasta cuatro metros de altura y se caracteriza por su similitud con una caña, careciendo de entrenudos visibles y presentando una médula esponjosa en su interior si se realiza un corte transversal.

Las hojas son grandes, alargadas, de forma lanceolada, dispuestas de manera alterna y con nervaduras paralelas. Se adhieren al tallo y presentan vellosidades en el haz. Sus extremos son puntiagudos y pueden resultar cortantes al tacto. Las flores del maíz son monoicas, es decir, en una misma planta se desarrollan flores masculinas y

femeninas separadas. La inflorescencia masculina se manifiesta en una panícula terminal —conocida comúnmente como espigón o penacho— de color amarillento, que genera entre 20 y 25 millones de granos de polen. Cada flor de la panícula contiene tres estambres encargados de producir el polen.

En contraste, la inflorescencia femenina produce una menor cantidad de polen (alrededor de 800 a 1000 gramos) y se desarrolla en espádices situados lateralmente en la planta. El fruto del maíz, denominado cariopside, se forma por la fusión del pericarpio (pared del ovario) con la testa (cubierta de la semilla), dando lugar a una estructura conjunta que conforma la pared del grano. Este fruto maduro está compuesto por tres partes esenciales: la pared externa, el embrión diploide y el endosperma triploide, cuya capa más externa, en contacto con la pared, corresponde a la aleurona.

D. Requerimientos edafoclimáticos

Según González & Herrera (2023) menciona que el maíz morado prefiere suelos bien drenados, con una textura franca o franco-arenosa, ricos en materia orgánica y con un pH ligeramente ácido a neutro, entre 5.8 y 7.0. Prosperando en regiones con temperaturas cálidas, ideales entre 18 y 24°C, siendo muy sensible a las heladas, lo cual puede afectar significativamente su crecimiento y rendimiento. La precipitación es otro factor clave; el maíz morado necesita una cantidad de agua bien distribuida a lo largo de su ciclo vegetativo, con un requerimiento total de aproximadamente entre 500 y 800 mm de lluvia.

E. Manejo del cultivo

La densidad de siembra constituye un elemento clave en la productividad del cultivo de maíz. Según Jussaux (1980), establecer

una densidad óptima resulta complejo, ya que una densidad muy baja implica un aprovechamiento ineficiente del suelo, mientras que una densidad excesiva puede ocasionar que las plantas desarrollen la inflorescencia masculina (panoja), pero no formen adecuadamente las mazorcas, además de inducir una senescencia temprana de las hojas. Por su parte, Manrique (1988) sostiene que la cantidad de plantas por hectárea es un factor determinante para alcanzar altos niveles de rendimiento, el cual debe ajustarse según las características agronómicas específicas del cultivar o híbrido utilizado, así como del esquema de fertilización aplicado. Manrique (2001) manifiesta que el maíz morado es un cultivo de alta densidad de plantas, al cual es recomendable aplicar una fórmula de fertilización NPK igual a 180-80-60. Arce (1989), evaluando el efecto de tres densidades de siembra: 44000; 55000 y 74000 plantas/ha en tres genotipos de maíz precoz (porte bajo), intermedio y tardío (porte alto), encontró que la densidad afectó el rendimiento existiendo diferencias significativas en los tres genotipos. Los rendimientos para las densidades de 74000 y 55000 plantas/ha fueron similares significativamente y superiores al de 44000 plantas/ha. Asimismo, hubo diferencias altamente significativas para la interacción nitrógeno-densidad.

Barreda (1981) ha estudiado el efecto de la fertilización N-P-K a tres niveles crecientes y testigo no fertilizado y el efecto de tres densidades de siembra: 55000; 74000 y 111000 plantas/ha, donde encontró diferencias altamente significativas en el rendimiento en grano para el factor fertilización.

2.2.2. Manejo nutricional del maíz morado

El potasio es el octavo elemento más común en las rocas que conforman la corteza terrestre. Se encuentra en la naturaleza en diversas formas minerales, tales como silvita (cloruro simple), carnalita (cloruro doble $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) y langbeinita (sulfato anhidro $\text{K}_2\text{Mg}_2(\text{SO}_4)_3$). Las sales de potasio que contienen aniones de mayor tamaño presentan menor solubilidad, y en los suelos, este nutriente se encuentra fuertemente ligado a complejos de silicatos y aluminosilicatos, especialmente en las arcillas, a través de procesos de intercambio iónico. Cuando el potasio es liberado por la meteorización de las rocas, las plantas lo absorben de forma preferente. Este elemento cumple un papel vital en el desarrollo vegetal, y con frecuencia, el crecimiento de las plantas se ve limitado por la cantidad de potasio disponible en el suelo (Greenwood & Earnshaw, 1998).

El potasio (K) es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas debido a su participación en múltiples procesos fisiológicos. Este nutriente activa más de 60 enzimas diferentes involucradas en funciones metabólicas clave. Es fundamental en la síntesis de proteínas y almidón, ya que interviene en todas las etapas críticas de estos procesos. Además, cumple un papel decisivo en los movimientos fisiológicos de la planta, como la apertura y cierre de estomas, así como en los movimientos heliotrópicos y násticos. El potasio también es indispensable para alcanzar una fotosíntesis eficiente y para facilitar el transporte de los productos fotosintéticos (fotosintatos) a lo largo de la planta.

Asimismo, el K interviene en la expansión celular posterior a la división celular, actuando como un componente clave en el mantenimiento del turgor celular. Como catión monovalente abundante y no tóxico, es vital para conservar el equilibrio iónico y la neutralidad eléctrica dentro de los tejidos vegetales. Esta función explica su elevada concentración en la savia del floema y xilema. Según Blevins (1994), existe una creciente evidencia de que el potasio desempeña un

rol esencial en el flujo de masa de sustancias dentro del floema, facilitando el movimiento de nutrientes y compuestos orgánicos a través de la planta.

Los niveles de potasio (K) en el análisis de suelos deben mantenerse elevados, aunque sin exceder ciertos límites, ya que un exceso puede afectar negativamente la disponibilidad de otros nutrientes esenciales como el calcio (Ca) y el magnesio (Mg). Dado que el potasio influye directamente en la calidad de los frutos, suele aplicarse en cantidades generosas, por lo que las deficiencias son poco frecuentes. Sin embargo, estas pueden presentarse en suelos con alta capacidad de fijación de potasio, como las arcillas específicas, así como en suelos arenosos de textura gruesa, en sustratos orgánicos como la turba o en sistemas hidropónicos donde no se controla adecuadamente la fertilización (Benton, 1998).

2.2.3. Potasio foliar

El potasio es un macronutriente esencial que juega un papel crucial en varios procesos fisiológicos de las plantas, incluyendo la fotosíntesis, la regulación estomática, la síntesis de proteínas y el transporte de azúcares. Así mismo, Gómez & Vázquez, (2023) menciona que la aplicación foliar de potasio permite una absorción rápida y directa a través de las hojas, especialmente en etapas críticas de crecimiento como la floración y el llenado de granos, donde la demanda de este nutriente es alta, que la deficiencia de potasio en el maíz morado puede manifestarse en síntomas como el amarillamiento de los bordes de las hojas (clorosis marginal), crecimiento reducido y una menor resistencia a enfermedades y estrés abiótico (Pérez et al., 2021).

2.2.4. Nitrofos K a usar

Bayer (2022) menciona que los nitrofos de fósforo son fertilizantes de alta eficiencia que combina nitrógeno y fósforo, dos nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Este fertilizante está formulado para proporcionar

un suministro equilibrado de estos nutrientes, promoviendo el desarrollo robusto de raíces, la formación de flores y frutos, y la resistencia general de las plantas.

El nitrógeno en el nitrógeno de fósforo es crucial para la síntesis de proteínas y la promoción del crecimiento vegetativo, mientras que el fósforo es vital para el desarrollo del sistema radicular y la transferencia de energía dentro de la planta. La combinación de ambos nutrientes en una sola formulación facilita su aplicación y asegura que las plantas reciban ambos nutrientes en las proporciones adecuadas, evitando deficiencias que puedan limitar el rendimiento del cultivo. Este fertilizante es especialmente útil en suelos que presentan deficiencias tanto de nitrógeno como de fósforo, y su aplicación puede mejorar significativamente el rendimiento y la salud de los cultivos, incluyendo el maíz morado (*Zea mays* L.).

Su uso efectivo se basa en varios indicadores clave: el análisis del suelo para ajustar la dosis según las deficiencias específicas, la alineación de la aplicación con las necesidades nutricionales del cultivo durante las etapas críticas de crecimiento, la adaptación de la dosis y frecuencia a las condiciones climáticas y del suelo, y la elección del método de aplicación más adecuado. La monitorización continua del estado del cultivo también permite realizar ajustes en la aplicación para optimizar los resultados.

2.3. Definición de términos básicos

- **Potasio**

Marschner (2012) menciona que el potasio “es un mineral esencial y un macronutriente crucial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se encuentra en forma de iones K^+ en el suelo y es fundamental para diversas funciones fisiológicas, incluyendo la regulación del equilibrio hídrico, la activación de enzimas, la fotosíntesis y la síntesis de proteínas”.

- **Maiz**

FAO (2023) afirma que “es una planta herbácea anual de la familia Poaceae, originaria de América Central y del Sur, y es uno de los cultivos más importantes a nivel global”.

- **Rendimiento**

Mendoza et al. (2021) han reportado que el “rendimientos promedio de entre 5 y 8 toneladas por hectárea para variedades de maíz morado cultivadas en condiciones óptimas, aunque estos pueden aumentar con prácticas de manejo intensivas y condiciones climáticas favorables”.

- **Antocianinas**

Según Rabanal y Medina (2021), las antocianinas son compuestos pigmentarios solubles en agua que se localizan en las vacuolas de las células de las plantas, y son responsables de proporcionar tonalidades rojas, púrpuras o azuladas en órganos como hojas, flores y frutos.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El potasio foliar tendrá efecto significativo en el rendimiento y acumulación de antocianinas en maíz morado (*Zea mays*) en condiciones de Yanahuanca-Pasco.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Las características agronómicas del maíz morado se modifican significativamente con la aplicación de diferentes dosis de potasio foliar.
- Los componentes de rendimiento del maíz morado se incrementan significativamente con la aplicación de potasio foliar.
- La concentración de antocianinas del maíz morado se incrementa significativamente con la aplicación de potasio foliar.

2.5. Identificación de variables

Variable independiente

Efecto del potasio foliar.

Variable dependiente

Rendimiento y acumulación de antocianinas en maíz morado (*Zea mays*).

Variable interviniente:

Condiciones de Yanahuanca – Pasco.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1 Operacionalización de variables

| Variables | Definición Conceptual | Indicadores | Unidad de medida |
|--|---|--|---|
| Variable independiente Efecto del potasio foliar. | Potasio foliar es un fertilizante que se aplica directamente a las hojas de los cultivos, teniendo una solución líquida. Teniendo una fertilización que permite una rápida absorción del nutriente | 1.Características agronómicas a. Altura de planta a la cosecha b. Altura a la inserción de la mazorca c. Diámetro de tallo d. Días al inicio de floración e. Longitud de mazorca f. Diámetro de mazorca | m m cm n° cm cm |
| Variable dependiente Rendimiento y acumulación de antocianinas en maíz morado (<i>Zea mays</i>). | La producción de maíz se refiere al proceso de cultivar y cosechar el maíz, un cereal con alto contenido de antocianinas cultivada en grandes cantidades en todo el mundo. | 2.Componentes de rendimiento a. Número de hileras por mazorca b. Número de granos por hilera c. Número de granos por mazorca d. Peso de tuza o coronta por mazorca e. Peso de mazorca f. Rendimiento por hectárea 3.Contenido de antocianinas a. Concentración de antocianinas | n° n° n° g g kg/ha mg/g |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación se enmarca dentro del enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y con un diseño experimental, ya que se emplearon diversos instrumentos para evaluar el efecto del potasio foliar en el cultivo de maíz morado, integrando además conocimientos teóricos y empíricos previamente establecidos.

3.2. Nivel de investigación

Esta investigación se desarrolló a nivel explicativo, con el propósito de analizar la influencia del potasio aplicado vía foliar sobre el rendimiento del cultivo de maíz y la acumulación de antocianinas.

3.3. Métodos de investigación

Se utilizó el método científico con observaciones, registros y análisis de datos.

3.3.1. Conducción del experimento

- a. Preparación del terreno experimental:** Se realizó la preparación del terreno siguiendo las prácticas tradicionales empleadas en las zonas altoandinas. Inicialmente, se aplicó un riego de machaco de manera uniforme para humedecer el suelo. Posteriormente, se

procedió al roturado utilizando un pico, seguido del mullido para aflojar la estructura del suelo. Una vez completadas estas labores, se niveló el terreno, se efectuó el surcado también con pico, se trazaron los surcos con yeso para definir las líneas de siembra y, finalmente, se llevó a cabo la distribución de las semillas.

- b. Fertilización:** Durante la preparación del terreno se incorporó los rastros del cultivo previo. Adicionalmente, a la siembra se aplicó 150-120- 110 NPK/Ha según el análisis de suelo realizado en INIA Santa Ana Huancayo
- c. Siembra:** La siembra se realizó colocando tres semillas por golpe sobre el surco. El distanciamiento entre surcos fue de 1 m y entre planta fue 0.50 m. Al momento del tapado de las semillas se procuró que éstas quedan a no más de 5 cm de profundidad.
- d. Desahíje:** Se llevó a cabo cuando las plantas estuvieron en las fases de desarrollo vegetativo no mayor a 15 cm, también cuando contaban con 3 hojas.
- e. Purificación:** Se eliminó plantas débiles del mismo genotipo, en los dos surcos centrales de cada parcela.
- f. Control de malezas:** Se realizó de forma manual, en forma simultánea con el desahíje de las plantas.
- g. Riegos:** Se hizo riego por aspersión cuando el cultivo de maíz lo necesitaba, ya que el experimento se instaló en época de lluvia.
- h. Aporque:** Se llevó a cabo después de un mes y medio de haber sembrado el cultivo.
- i. Control fitosanitario:** Se llevó a cabo esta evaluación sin tener presencia de plagas y enfermedades.
- j. Cosecha:** Empezó cuando las mazorcas ya habían madurado y se realizó escalonadamente según iban madurando.

- k. Análisis documental:** Se recopilaron datos climatológicos proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) de la estación Yanahuanca, con el propósito de realizar el análisis correspondiente de las condiciones meteorológicas.

3.4. Diseño de investigación

Dado el enfoque experimental del estudio, se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), considerando un total de seis tratamientos, cada uno con 60 plantas como unidades experimentales.

3.4.1. Características del experimento

a. Del campo experimental

- Largo: 4.0 m
- Ancho: 2.5 m
- Área total por bloque: 60 m²
- Área experimental: 228 m²
- Área de caminos: 48 m²
- Número de plantas /tratamiento: 60
- Número total de plantas del exp.: 1080

Figura 1 *Croquis del campo experimental*

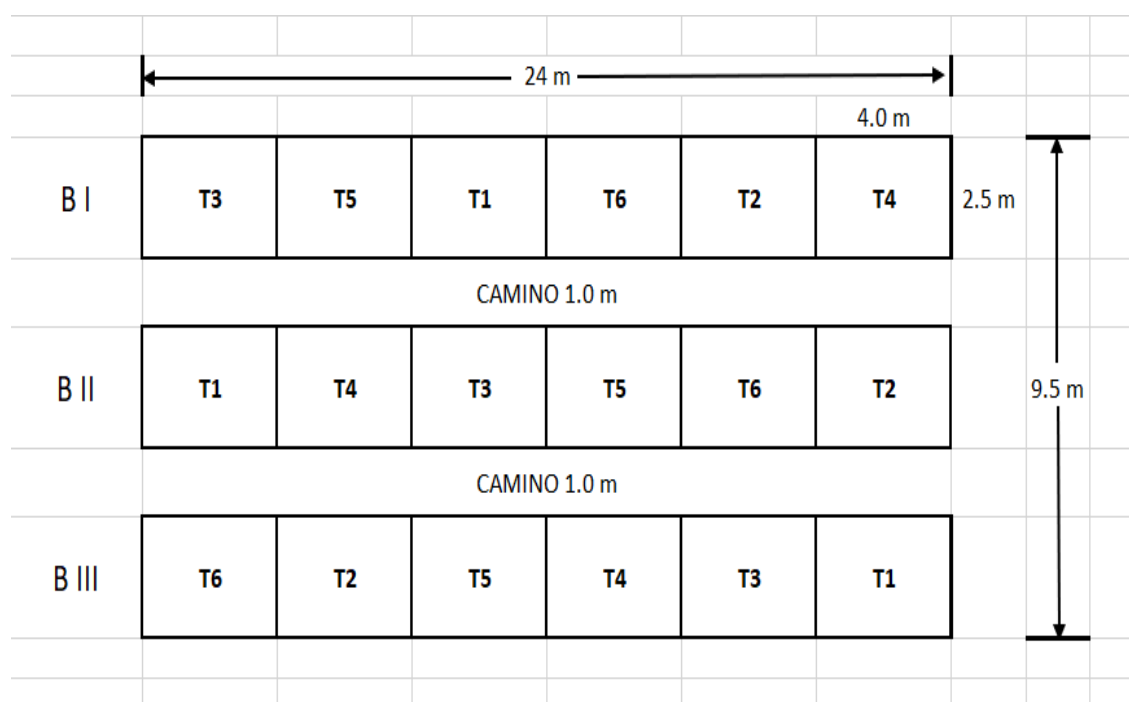
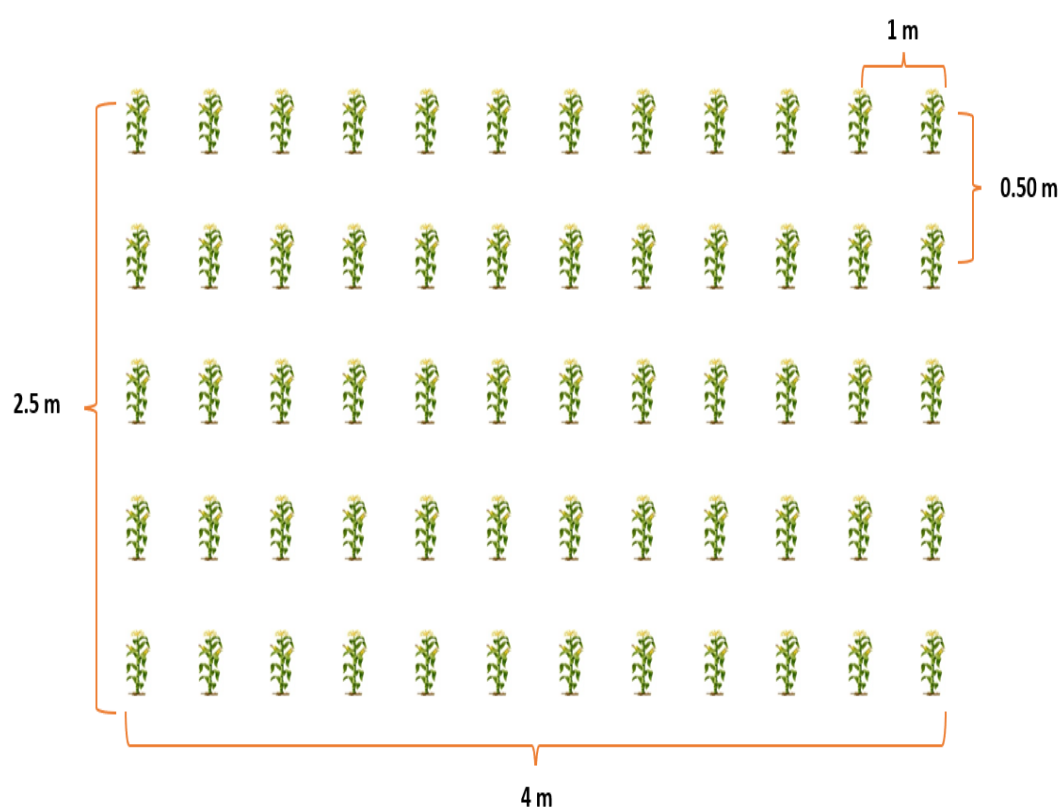


Figura 2 *Detalles de la parcela experimental.*



3.5. Población y muestra

Población

La población estuvo conformada por 60 plantas por tratamientos haciendo un total de 1080 plantas.

Muestra

La muestra fue de 4 plantas de maíz de los dos surcos centrales haciendo un total de 12 plantas por bloque o repetición.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Observación experimental
- Análisis documental
- Se realizó el análisis foliar del maíz para analizar el contenido de antocianinas.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Para la evaluación de cada uno de los indicadores se empleó el Sistema Internacional de Unidades (SI), utilizando herramientas e instrumentos como estimaciones visuales en porcentaje, medición en metros, conteos manuales, balanza electrónica y vernier, conforme a lo establecido en la tabla de operacionalización de variables.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Las evaluaciones se realizaron a partir de la fecha de instalación del experimento, 20 de enero del 2020. Se evaluó 4 plantas por bloque, se evaluaron las siguientes variables:

a. Altura de planta a la cosecha (m)

Este dato se tomó a cuatro plantas de los surcos centrales, midiendo desde la base del tallo hasta el ápice de la flor masculina, utilizando un flexómetro, la evaluación se realizó cuando las plantas hayan completado su desarrollo.

b. Altura de planta a la inserción de la mazorca (m)

Esta evaluación se realizó con la ayuda de un flexómetro, midiendo desde la base del tallo hasta donde se inserta la primera mazorca del tallo central.

c. Diámetro de tallo (cm)

Esta observación se realizó a la cosecha, considerando la parte más gruesa del tallo, utilizando un vernier para datos exactos; se evaluaron cuatro plantas de los surcos centrales de cada bloque.

d. Días al inicio de la floración (nº)

Se considero el número de días desde la siembra hasta el inicio de floración, cuando las flores masculinas ya se encontraban en la parte superior de la planta.

e. Longitud de mazorca (cm)

Se extrajo las mazorcas de las plantas a evaluar, luego se procedió a medir desde la base hasta la punta de la mazorca, excluyendo la espiga con la ayuda de una regla.

f. Diámetro de mazorca (cm)

Estos datos se obtuvieron midiendo la circunferencia de la mazorca, considerándose desde la mitad; cuando ya estaban para ser cosechadas, se utilizó el vernier para esta medida.

g. Número de hileras por mazorca (nº)

Se contabilizo la cantidad de hileras que se encontraban alrededor de toda la mazorca, esta labor se realizó cuando las mazorcas hayan alcanzado su máximo desarrollo.

h. Número de granos por hilera (nº)

Una vez cosechado el cultivo se contabilizó la cantidad de granos que se encontraban en cada hilera de toda la mazorca, considerándose desde el grano más grande hasta el más pequeño.

i. Número de granos por mazorca (n°)

Se evaluó contando todos los granos de la mazorca completa ya cosechada, para este recojo de datos se evaluó 4 plantas por cada bloque.

j. Peso de tuza o coronta por mazorca (g)

Una vez cosechado la mazorca seca, se realizó el desgranado completo de todos los granos, para luego ser pesado solo la coronta o tuza en una balanza de precisión y tener un peso exacto.

k. Peso de mazorca (g)

En esta variable se retiró la chala que tenía cubierta a la mazorca de maíz y se procedió a pesar la mazorca entera cuando ya estaba seca, con la ayuda de una balanza de precisión.

l. Rendimiento por hectárea (kg/ha)

Esta característica se determinó mediante pesadas de mazorcas de una planta y multiplicando por el número de plantas por hectárea, para este caso se utilizó una balanza de precisión, esta labor se realizó al momento de la cosecha de los dos surcos centrales.

m. Contenido de antocianinas (mg/g)

Para esta evaluación se envió las muestras de las semillas al laboratorio de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión para la determinación del contenido de antocianinas que se encontraban en el maíz.

Una vez concluidas las evaluaciones, se procedió a efectuar los análisis de varianza correspondientes. Para comparar los promedios entre tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey, utilizando el software estadístico Infostat bajo un modelo lineal general.

3.9. Tratamiento estadístico

Tabla 2 *Tratamientos en estudio de maíz morado*

| Tratamientos | Producto / Dosis | Dosis en 20 L/agua | Aplicación |
|--------------|---------------------|-----------------------|--|
| T1 | Nitrofos K 2.0 L/ha | 200 ml | Primera aplicación al inicio de floración femenina, la segunda y tercera a intervalos de 15 días después |
| T2 | Nitrofos K 2.5 L/ha | 250 ml | |
| T3 | Nitrofos K 3.0 L/ha | 300 ml | |
| T4 | Nitrofos K 3.5 L/ha | 350 ml | |
| T5 | Nitrofos K 4.0 L/ha | 400 ml | |
| T6 | Testigo absoluto | -- | |

$$Y_{ij} = u + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación de la unidad experimental.

u = Media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

Además, se realizó la prueba de Tukey para la comparación de medias.

Esquema del análisis de varianza:

Tabla 3 *Análisis de varianza para un DCA*

| Fuentes de Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F Calculado |
|----------------------|--------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|
| Tratamientos | t-1 | $\sum_i^n X_i^2 - \frac{T.C.}{r}$ | $\frac{SC_{Tratam}}{G.L_{Tratam}}$ | $\frac{C.M_{Tratam}}{C.M_{Error}}$ |
| Error Experimental | (r-1) (t-1) | $SC_{Total} - SC_{Trat.} - SC_{Bloq.}$ | $\frac{SC_{Error}}{G.L_{Error}}$ | |
| Total | r t - 1 | $\sum_{ij}^n X_{ij}^2 - T.C.$ | | |

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Autoría: Queda claramente establecido que el presente trabajo de investigación ha sido elaborado por el tesista Víctor Raúl Polino Herrera.

Originalidad: Las ideas, citas y contenidos de otros autores utilizados en esta investigación han sido incorporados respetando su integridad y correctamente referenciados.

Reconocimiento de fuentes: Todas las fuentes bibliográficas empleadas han sido citadas conforme a los lineamientos del estilo APA, séptima edición, garantizando la fidelidad y respeto al contenido original.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación geográfica y características meteorológicas

La presente investigación se realizó en condiciones de campo y se localizó en:

Provincia y Región: Daniel Alcides Carrión y Pasco

Distrito: Yanahuanca

Lugar: Tinyacu

Altitud: 3140 m.s.n.m

Latitud Sur: 10°29'27"S

Longitud Oeste: 76°30'51" W

El maíz morado es un cultivo con alta capacidad de adaptación a diversas zonas geográficas, siempre que se consideren variables clave como la disponibilidad de agua, las condiciones climáticas, la radiación solar, la topografía del terreno, el espacio de siembra y el acceso a insumos agrícolas. Con una planificación adecuada y un manejo agronómico eficiente, este cultivo representa una alternativa viable en múltiples contextos productivos.

4.1.2. Análisis de suelos

Tabla 4 Resultados del análisis de suelo de la investigación

| Análisis mecánico | Resultado | Clasificación |
|-------------------------|-----------|---------------|
| Arena | 41.3 % | Arenoso |
| Limo | 29.9 % | |
| Arcilla | 28.8 % | |
| Análisis químico: | | |
| Materia orgánica | 1.38 % | Medio |
| Nitrógeno | 0.08 % | Bajo |
| Reacción del suelo (pH) | 6.6 | Neutro |
| Elementos disponibles: | | |
| Fósforo | 4.33 ppm | Bajo |
| Potasio | 158 ppm | Medio |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación de los resultados del análisis de suelo

Con el propósito de determinar el uso adecuado de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos, se llevaron a cabo análisis físicos y químicos del suelo. Para ello, se recolectaron submuestras que fueron posteriormente homogenizadas, obteniéndose una muestra compuesta de un kilogramo, la cual fue enviada al laboratorio del INIA – Huancayo para su respectivo análisis.

Teniendo los resultados de análisis de suelo realizado se detalla que el suelo posee una textura arenosa, de los elementos mayores que se presentan sus componentes son de textura media, así también, se muestra un pH de 6.6 el cual es considerado como neutro y la aplicación de los fertilizantes orgánicos se realizaron de acuerdo a los datos obtenidos.

4.1.3. Datos meteorológicos

Tabla 5 *Datos meteorológicos durante el desarrollo de la investigación año 2020*

| Mes | Temperatura Máxima (°C) | Temperatura Mínima (°C) | Humedad Relativa (%) | Precipitación (mm) |
|---------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Enero | 20 | 7 | 75 | 150 |
| Febrero | 20 | 7 | 78 | 140 |
| Marzo | 19 | 7 | 80 | 130 |
| Abril | 19 | 6 | 75 | 80 |
| Mayo | 19 | 5 | 70 | 30 |
| Junio | 18 | 4 | 65 | 15 |
| Julio | 18 | 4 | 60 | 10 |
| Agosto | 19 | 5 | 62 | 20 |

Fuente: Estaciones meteorológica SENAMHI- Yanahuanca

Interpretación de los datos meteorológicos

Durante el periodo en que se desarrolló el experimento con maíz morado, los registros meteorológicos indicaron que las temperaturas más bajas se produjeron en los meses de junio y julio, alcanzando los 4 °C, mientras que las más altas se presentaron en enero y febrero, con un valor máximo de 22.4 °C, coincidiendo con las primeras etapas del cultivo. En cuanto a la precipitación, enero fue el mes más lluvioso con 150 mm, en contraste con julio, que registró el menor nivel de lluvia con solo 10 mm, todo ello correspondiente al año 2020.

A pesar de esta variabilidad climática, las condiciones ambientales de Yanahuanca resultaron favorables durante el desarrollo del experimento, lo que contribuyó significativamente a una adecuada producción del cultivo de maíz morado.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Características agronómicas

a. Altura de planta a la cosecha (m)

Tabla 6 *Análisis de varianza para altura de planta a la cosecha (m)*

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft. | Sig. 0,05 |
|--------------|------|------|-------|------|------|--------------|
| Bloques | 2 | 0.01 | 0.004 | 0.53 | 4.10 | N. S |
| Tratamientos | 5 | 0.01 | 0.002 | 0.31 | 3.33 | N. S |
| Error | 10 | 0.08 | 0.01 | | | |
| Total | 17 | 0.10 | | | | |

CV: 3.67 %

En la tabla 6 se muestra el análisis de varianza para altura de planta a la cosecha en el cultivo de maíz morado, donde se puede apreciar que para la fuente de variación tratamientos y bloques no existe diferencia estadística, así también, se observa que el coeficiente de variabilidad fue 3.67 % y según la escala de calificación es considerado como homogéneo (Calzada, 1970), por lo que podemos afirmar que los datos fueron tomados de una manera correcta.

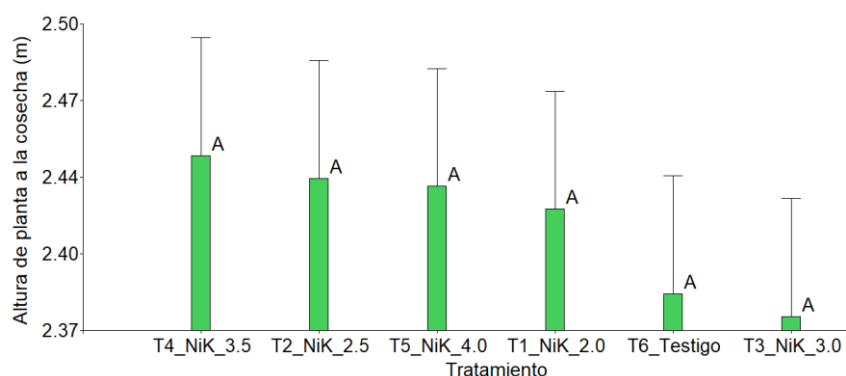
Tabla 7 *Prueba de Tukey para altura de planta a la cosecha (m)*

| OM | Tratamiento | Promedio (m) | Sig. $\alpha=0,05$ |
|----|----------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | T4 - Nik - 3.5 | 2.45 | a |
| 2 | T2 - Nik - 2.5 | 2.44 | a |
| 3 | T5 - Nik - 4.0 | 2.43 | a |
| 4 | T1 - Nik - 2.0 | 2.42 | a |
| 5 | T6 – Testigo | 2.39 | a |
| 6 | T3 - Nik - 3.0 | 2.38 | a |

Observando la tabla de Tukey para altura de planta a la cosecha, muestra que, los seis tratamientos en estudio en orden de mérito sus promedios son similares (a), de ello el T4 - Nik – 3.5 tuvo la mayor altura con 2.45 m

superando a los demás, así mismo, se muestra que el T3 - Nik - 3.0 se encuentra en el último lugar con 2.38 m de altura.

Figura 3 *Altura de planta a la cosecha en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (m)*



La figura 3 muestra el efecto del potasio foliar en la altura de planta a la cosecha de maíz morado, en ello el T4 - Nik – 3.5 logró la mejor altura que el resto de los tratamientos.

b. Altura a la inserción de la mazorca (m)

Tabla 8 *Análisis de varianza para la altura a la inserción de la mazorca (m)*

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft. | Sig. 0,05 |
|--------------|------|------|------|------|------|--------------|
| Bloques | 2 | 0.01 | 0.03 | 0.23 | 4.10 | N. S |
| Tratamientos | 5 | 0.05 | 0.01 | 0.66 | 3.33 | N. S |
| Error | 10 | 0.16 | 0.02 | | | |
| Total | 17 | 0.22 | | | | |

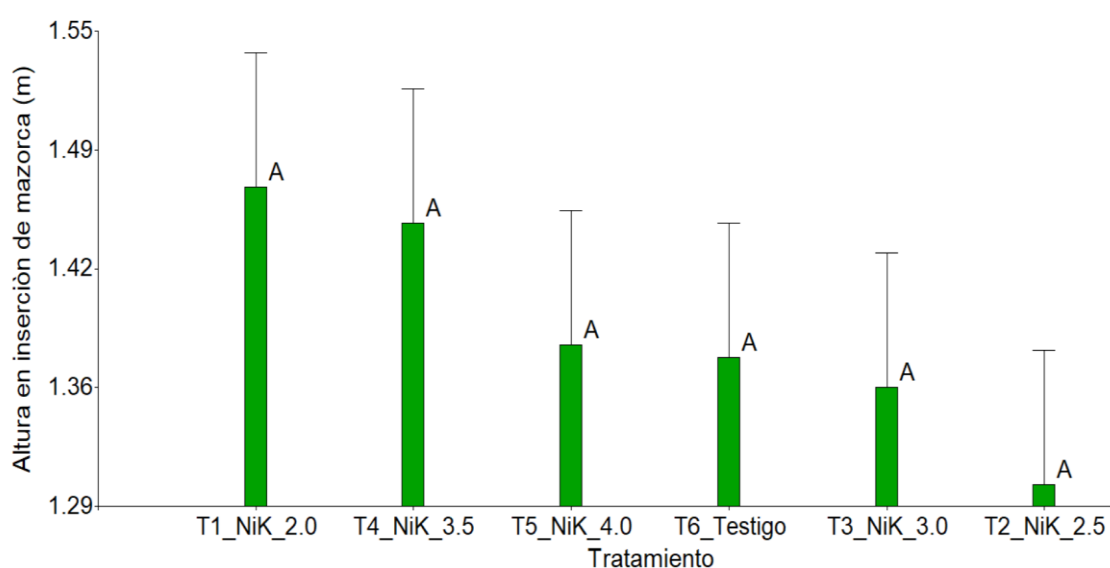
CV: 9.20 %

En la tabla 8 se muestra el análisis de varianza para altura a la inserción de la mazorca en el cultivo de maíz, donde se puede apreciar que para la fuente de variación tratamientos no existe diferencia estadística, siendo lo mismo para los bloques, así también, se observa que el coeficiente de variabilidad fue de 9.20% siendo considerado adecuado para estos tipos de estudio.

Tabla 9 Prueba de Tukey para la altura a la inserción de la mazorca (m)

| OM | Tratamiento | Promedio (m) | Sig. $\alpha=0,05$ |
|----|----------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | T1 - Nik - 2.0 | 1.47 | a |
| 2 | T4 - Nik - 3.5 | 1.45 | a |
| 3 | T5 - Nik - 4.0 | 1.38 | a |
| 4 | T6 – Testigo | 1.37 | a |
| 5 | T3 - Nik - 3.0 | 1.36 | a |
| 6 | T2 - Nik - 2.5 | 1.30 | a |

La prueba de Tukey para altura a la inserción de la mazorca, muestra que entre los promedios no existe diferencia estadística, sin embargo, el que el T1 - Nik - 2.0 alcanzo la mayor altura con 1.47 m, superando estadísticamente a los demás tratamientos, este resultado puede atribuirse al hecho de que el tratamiento recibió una dosis adecuada de potasio foliar.

Figura 4 Altura a la inserción de la mazorca en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (m)

La figura 4 muestra la altura en inserción de la mazorca, apreciándose que el T1 - Nik - 2.0 obtuvo la mayor altura y supero al resto de los tratamientos bajo el efecto de potasio foliar.

c. Diámetro de tallo (cm)

Tabla 10 *Análisis de varianza para diámetro de tallo (cm)*

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft. | Sig. 0,05 |
|--------------|------|------|------|------|------|--------------|
| Bloques | 2 | 0.20 | 0.10 | 3.96 | 4.10 | N. S |
| Tratamientos | 5 | 0.12 | 0.02 | 0.93 | 3.33 | N. S |
| Error | 10 | 0.25 | 0.03 | | | |
| Total | 17 | 0.57 | | | | |

CV: 6.74 %

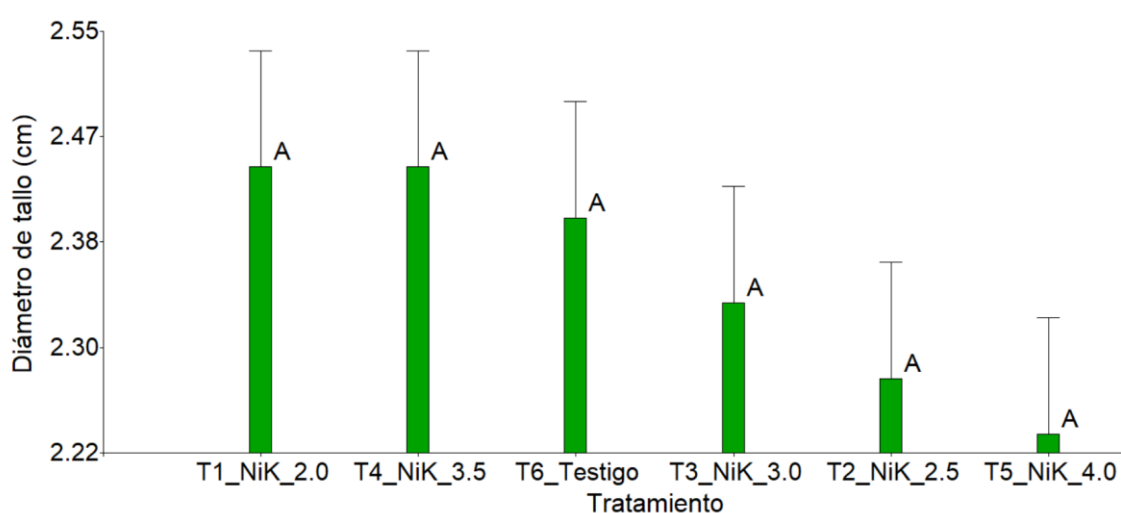
En la tabla 10 se muestra el análisis de varianza para diámetro de tallo en maíz morado, donde se aprecia que no, existe diferencia significativa estadística en la fuente de variación tratamientos, de la misma manera para bloques, así también, se observa que el coeficiente de variabilidad es de 6.74 % y según la escala de calificación es considerado como homogéneo (Calzada, 1970).

Tabla 11 *Prueba de Tukey para diámetro de tallo (cm)*

| OM | Tratamiento | Promedio (cm) | Sig. $\alpha=0,05$ |
|----|----------------|------------------|-----------------------|
| 1 | T1 - Nik - 2.0 | 2.44 | a |
| 2 | T4 - Nik - 3.5 | 2.44 | a |
| 3 | T6 – Testigo | 2.40 | a |
| 4 | T3 - Nik - 3.0 | 2.34 | a |
| 5 | T2 - Nik - 2.5 | 2.28 | a |
| 6 | T5 - Nik - 4.0 | 2.23 | a |

La presente tabla de Tukey para diámetro de tallo, muestra que el T1 - Nik - 2.0 logro el mejor promedio con 2.44 cm, superando estadísticamente a los demás tratamientos y el T5 - Nik - 4.0 obtuvo el menor diámetro con 2.23 cm, sin embargo, se observa que no existe diferencia con los demás tratamientos, teniendo promedios similares (a).

Figura 5 *Diámetro de tallo en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (m)*



La figura presentada muestra el diámetro de tallo del cultivo de maíz morado, donde se muestra que el T1 - Nik - 2.0 logro el mejor diámetro que el resto.

d. Días al inicio de floración (nº)

Tabla 12 *Análisis de varianza para días al inicio de floración (nº)*

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft. | Sig. 0,05 |
|--------------|------|--------|--------|------|------|--------------|
| Bloques | 2 | 257.44 | 128.72 | 4.23 | 4.10 | * |
| Tratamientos | 5 | 178.44 | 35.69 | 1.17 | 3.33 | N. S |
| Error | 10 | 304.56 | 30.46 | | | |
| Total | 17 | 740.44 | | | | |

CV: 21.69 %

El esquema de análisis de varianza nos presenta que a nivel de tratamientos no hay significancia estadística entre ellos, así mismo no existe

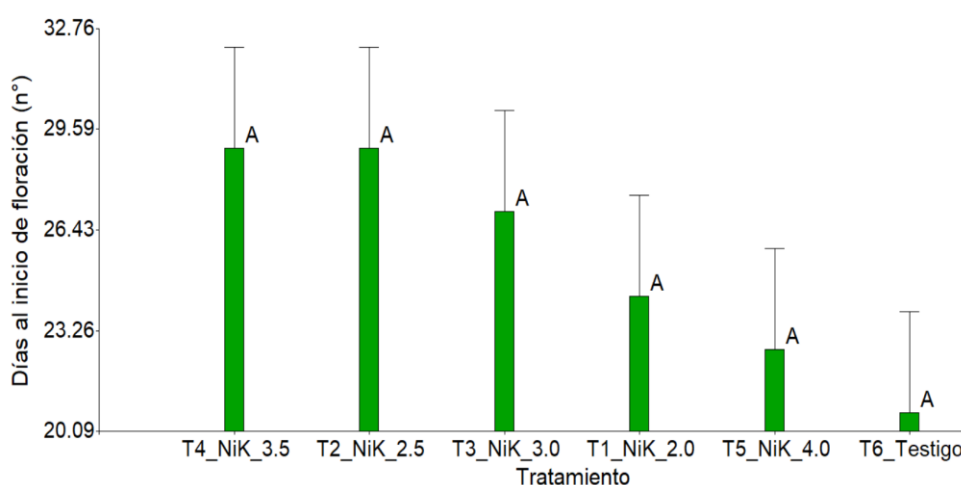
significación entre bloques, para los días al inicio de floración, siendo el coeficiente de variabilidad de 21.69% aceptable para este tipo de estudio.

Tabla 13 *Prueba de Tukey para días al inicio de floración (n°)*

| OM | Tratamiento | Promedio (n°) | Sig. $\alpha=0,05$ |
|----|----------------|------------------|-----------------------|
| 1 | T4 - Nik - 3.5 | 29.00 | a |
| 2 | T2 - Nik - 2.5 | 29.00 | a |
| 3 | T3 - Nik - 3.0 | 27.00 | a |
| 4 | T1 - Nik - 2.0 | 24.33 | a |
| 5 | T5 - Nik - 4.0 | 22.67 | a |
| 6 | T6 – Testigo | 20.67 | a |

La actual tabla 13 de la prueba de Tukey para días al inicio de floración, muestra que no existe diferencia entre los promedios de los tratamientos, sin embargo, se puede observar que el T4 - Nik - 3.5 supera al resto con 29.00 días respectivamente.

Figura 6 *Días al inicio de floración en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (n°)*



La figura 6 muestra los días al inicio de floración de los tratamientos en maíz morado, en ello se aprecia que el T4 - Nik - 3.5 supero a los demás con 29.00 días.

e. Longitud de mazorca (cm)

Tabla 14 *Análisis de varianza para longitud de mazorca (cm)*

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft. | Sig. 0,05 |
|--------------|------|-------|------|------|------|--------------|
| Bloques | 2 | 1.87 | 0.93 | 0.50 | 4.10 | N. S |
| Tratamientos | 5 | 5.05 | 1.01 | 0.54 | 3.33 | N. S |
| Error | 10 | 18.82 | 1.88 | | | |
| Total | 17 | 25.73 | | | | |

CV: 9.75 %

En la tabla 14 se presenta el análisis de varianza para longitud de mazorca donde se puede apreciar que no existe diferencia estadística para la fuente de variación tratamientos, esto se debe a las características son propias de planta, por otro lado, el coeficiente de variabilidad fue 9.75 % y según la escala de calificación es considerado como homogéneo (Calzada, 1970), por lo que podemos afirmar que los datos fueron tomados de una manera correcta.

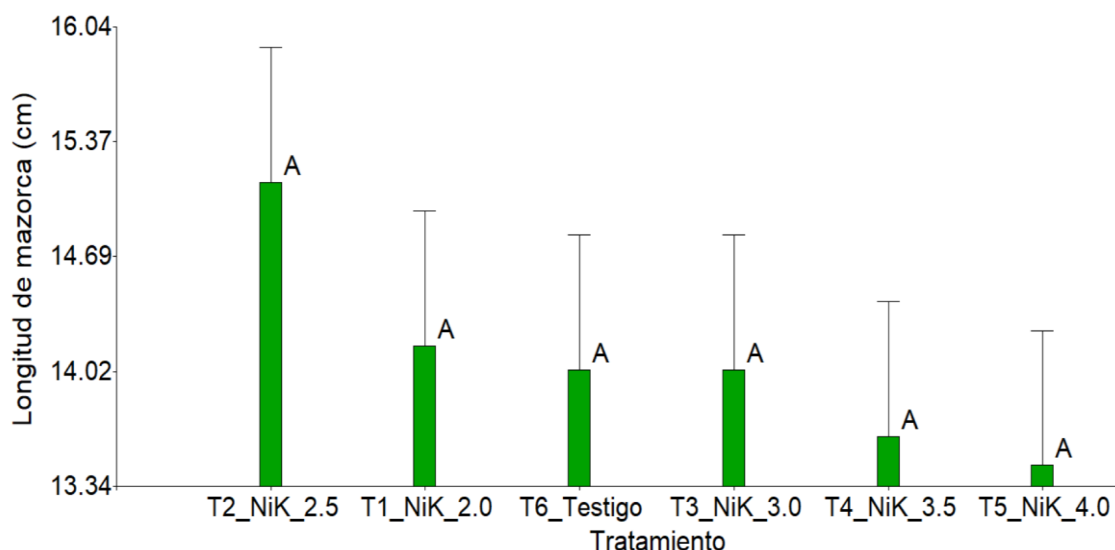
Tabla 15 *Prueba de Tukey para longitud de mazorca (cm)*

| OM | Tratamiento | Promedio (cm) | Sig. $\alpha=0,05$ |
|----|----------------|------------------|-----------------------|
| 1 | T2 - Nik - 2.5 | 15.13 | a |
| 2 | T1 - Nik - 2.0 | 14.17 | a |
| 3 | T6 – Testigo | 14.03 | a |
| 4 | T3 - Nik - 3.0 | 14.03 | a |
| 5 | T4 - Nik - 3.5 | 13.64 | a |
| 6 | T5 - Nik - 4.0 | 13.47 | a |

La prueba de Tukey para longitud de mazorca exhibe que, el T2 - Nik - 2.5 supero al resto de los tratamientos con 15.13 cm de longitud y el menor lo

obtuve el T5 - Nik - 4.0 con 13.47 cm, pero también, se observa que no existe diferencia entre los promedios de los demás tratamientos en estudio.

Figura 7 Longitud de mazorca en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (cm)



El esquema nos muestra que el T2 - Nik - 2.5 tuvo la mejor longitud de mazorca bajo el efecto de potasio foliar en maíz morado.

f. Diámetro de mazorca (cm)

Tabla 16 Análisis de varianza para diámetro de mazorca (cm)

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft. | Sig. 0,05 |
|--------------|------|------|------|------|------|--------------|
| Bloques | 2 | 0.15 | 0.07 | 2.07 | 4.10 | N. S |
| Tratamientos | 5 | 0.18 | 0.04 | 1.02 | 3.33 | N. S |
| Error | 10 | 0.35 | 0.04 | | | |
| Total | 17 | 0.68 | | | | |

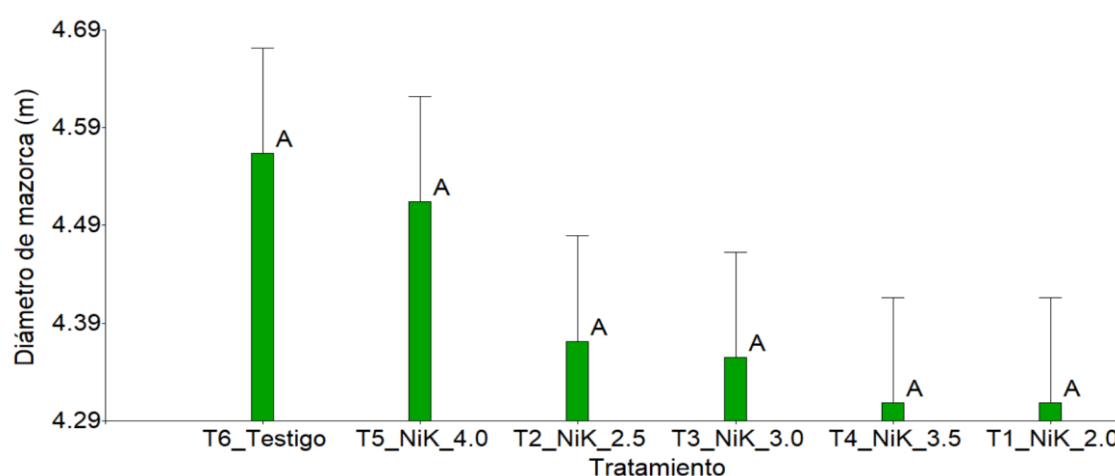
CV: 4.27 %

En la tabla 16 se presenta el análisis de varianza para diámetro de mazorca, teniendo como resultado que no existe diferencia estadística entre los tratamientos, lo mismo para la fuente de variación bloques, así mismo, se observa que el coeficiente de variabilidad fue de 4.27 %, siendo aceptable para este tipo de trabajos.

Tabla 17 Prueba de Tukey para diámetro de mazorca (cm)

| OM | Tratamiento | Promedio (cm) | Sig. $\alpha=0,05$ |
|----|----------------|------------------|-----------------------|
| 1 | T6 – Testigo | 4.56 | a |
| 2 | T5 - Nik - 4.0 | 4.51 | a |
| 3 | T2 - Nik - 2.5 | 4.37 | a |
| 4 | T3 - Nik - 3.0 | 4.35 | a |
| 5 | T4 - Nik - 3.5 | 4.31 | a |
| 6 | T1 - Nik - 2.0 | 4.31 | a |

Visualizando la prueba de Tukey para diámetro de mazorca, muestra que no existe diferencia entre los promedios de los tratamientos, mientras que el T6 – Testigo tuvo el mejor diámetro con 4.56 cm, también se observa que el último lugar lo ocupó el T1 - Nik - 2.0 con 4.31 cm respectivamente.

Figura 8 Diámetro de mazorca en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (cm)

La presente figura muestra el efecto del potasio foliar en diámetro de mazorca del cultivo de maíz, en ello el T6 – Testigo logro el mejor diámetro con 4.56 cm.

4.2.2. Componentes de rendimiento

a. Número de hileras por mazorcas (n°)

Tabla 18 *Análisis de varianza para número de hileras por mazorcas (n°)*

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft. | Sig. 0,05 |
|--------------|------|------|------|------|------|--------------|
| Bloques | 2 | 0.11 | 0.06 | 0.08 | 4.10 | N. S |
| Tratamientos | 5 | 1.44 | 0.29 | 0.39 | 3.33 | N. S |
| Error | 10 | 7.39 | 0.74 | | | |
| Total | 17 | 8.94 | | | | |

CV: 7.78 %

Según la tabla 18 del análisis de varianza número de hileras por mazorcas muestra que entre tratamientos no existe diferencia estadística y tampoco entre bloques, así mismo se observa que el coeficiente de variabilidad es de 7.78 %, por lo que los datos son homogéneos (Calzada, 1970).

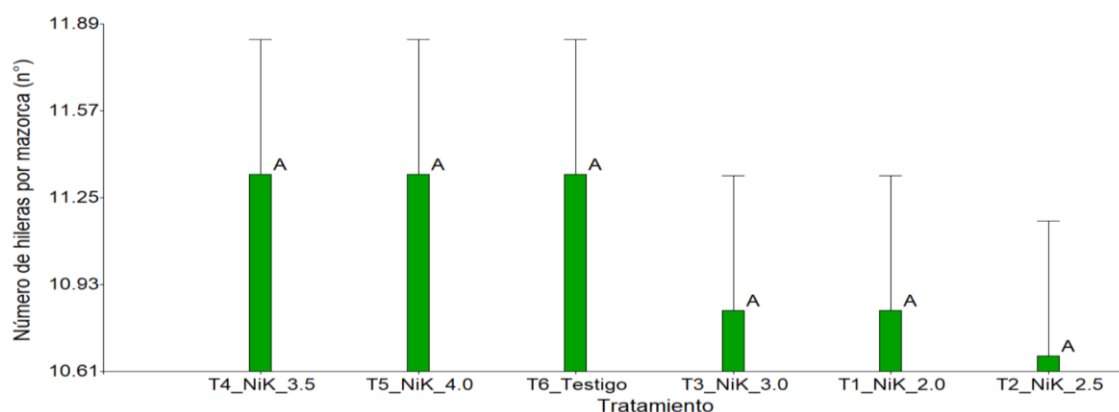
Tabla 19 *Prueba de Tukey para número de hileras por mazorcas (n°)*

| OM | Tratamiento | Promedio (n°) | Sig. $\alpha=0,05$ |
|----|----------------|------------------|-----------------------|
| 1 | T4 - Nik - 3.5 | 11.33 | a |
| 2 | T5 - Nik - 4.0 | 11.33 | a |
| 3 | T6 – Testigo | 11.33 | a |
| 4 | T3 - Nik - 3.0 | 10.83 | a |
| 5 | T1 - Nik - 2.0 | 10.83 | a |
| 6 | T2 - Nik - 2.5 | 10.67 | a |

La presente tabla de Tukey para número de hileras por mazorca, muestra que el T4 - Nik - 3.5 tuvo la mayor cantidad de hileras con 11.33, y el que ocupó el último lugar fue el T2 - Nik - 2.5 con 10.67 filas, aunque, no existe

diferencia estadística entre los promedios con los demás tratamientos en estudio.

Figura 9 Número de hileras por mazorcas en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (n°)



La presentación de la figura 9, muestra al T4 - Nik - 3.5 quien alcanzó el mayor número de hileras con 11.33 filas por mazorca bajo el efecto del potasio foliar en maíz morado.

b. Número de granos por hileras (n°)

Tabla 20 Análisis de varianza para número de granos por hileras (n°)

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft. | Sig. 0,05 |
|--------------|------|--------|-------|------|------|--------------|
| Bloques | 2 | 39.09 | 19.55 | 2.80 | 4.10 | N. S |
| Tratamientos | 5 | 49.32 | 9.86 | 1.41 | 3.33 | N. S |
| Error | 10 | 69.91 | 6.99 | | | |
| Total | 17 | 158.32 | | | | |

CV: 13.96 %

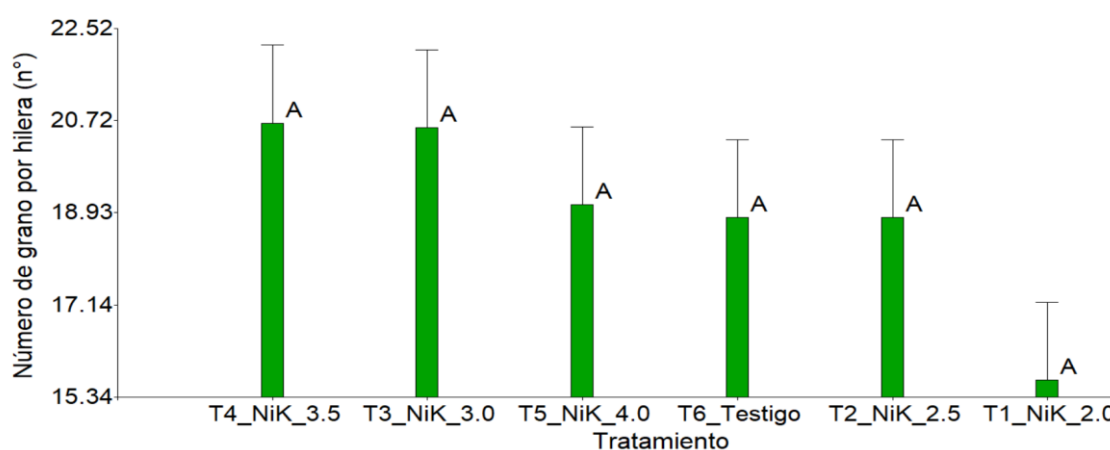
Al analizar la tabla correspondiente al análisis de varianza para el número de granos por hilera, se observa que no se encontraron diferencias significativas entre las variables evaluadas, lo que indica que los promedios obtenidos fueron estadísticamente similares. El coeficiente de variación registrado fue de 13.96 %.

Tabla 21 Prueba de Tukey para número de granos por hileras (n°)

| OM | Tratamiento | Promedio (n°) | Sig. $\alpha=0,05$ |
|----|----------------|---------------------------|-----------------------|
| 1 | T4 - Nik - 3.5 | 20.67 | a |
| 2 | T3 - Nik - 3.0 | 20.58 | a |
| 3 | T5 - Nik - 4.0 | 19.08 | a |
| 4 | T6 – Testigo | 18.83 | a |
| 5 | T2 - Nik - 2.5 | 18.83 | a |
| 6 | T1 - Nik - 2.0 | 15.67 | a |

Visualizado la tabla 21 del indicador número de granos por hilera en el cultivo de maíz morado, nos indica que, el T4 - Nik - 3.5 y T3 - Nik - 3.0 tuvieron la mayor cantidad de granos, con un promedio de 20.67 y 20.58 granos, de esta manera se deduce que el potasio foliar influye para el desarrollo de la cantidad de granos del maíz.

Figura 10 Número de granos por hileras en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (n°)



La presente figura expone que el T4 - Nik - 3.5 supero al resto de los tratamientos con un promedio de 20.67 granos por hileras bajo el efecto del potasio foliar en el cultivo de maíz.

c. Número de granos por mazorca (n°)

Tabla 22 *Análisis de varianza para número de granos por mazorcas (n°)*

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft. | Sig. 0,05 |
|--------------|------|----------|---------|------|------|--------------|
| Bloques | 2 | 2105.08 | 1052.54 | 1.28 | 4.10 | N. S |
| Tratamientos | 5 | 1584.50 | 316.90 | 0.38 | 3.33 | N. S |
| Error | 10 | 8254.92 | 825.49 | | | |
| Total | 17 | 11944.50 | | | | |

CV: 13.31 %

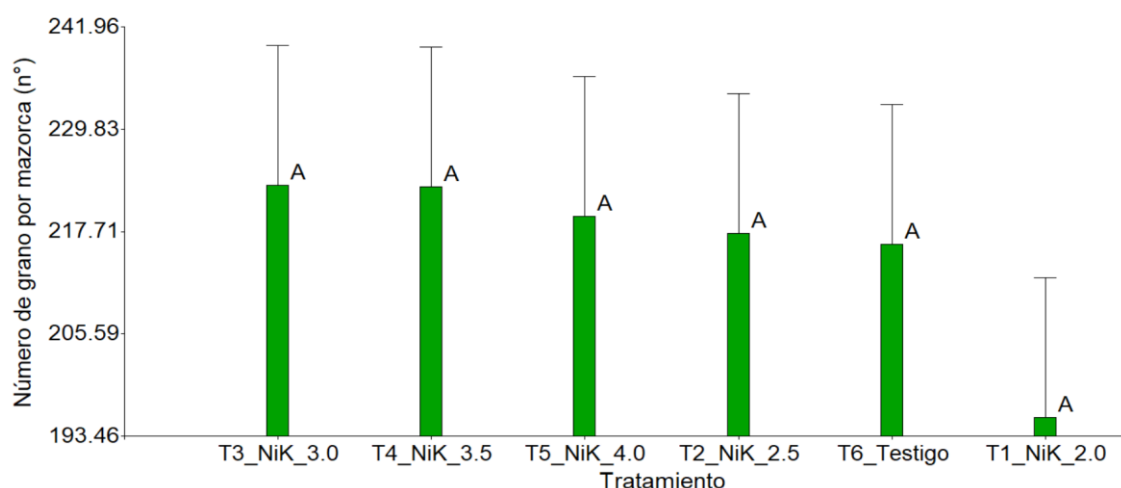
En la tabla 22 se presenta el análisis de varianza del número de granos por mazorca, en ella se aprecia que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos de estudio, así mismo, se observa que el coeficiente de variabilidad fue de 13.31 %, siendo aceptable para este tipo de estudios.

Tabla 23 *Prueba de Tukey para número de granos por mazorcas (n°)*

| OM | Tratamiento | Promedio (n°) | Sig. $\alpha=0,05$ |
|----|----------------|------------------|-----------------------|
| 1 | T3 - Nik - 3.0 | 223.17 | a |
| 2 | T4 - Nik - 3.5 | 223.00 | a |
| 3 | T5 - Nik - 4.0 | 219.50 | a |
| 4 | T2 - Nik - 2.5 | 217.50 | a |
| 5 | T6 – Testigo | 216.17 | a |
| 6 | T1 - Nik - 2.0 | 195.67 | a |

La prueba de Tukey número de granos por mazorca, muestra que los dos primeros tratamientos T3 - Nik - 3.0 y T4 - Nik - 3.5 son los que obtuvieron el mayor número de grano con 223.17 y 223.0 granos, este resultado puede atribuirse al hecho de que estas variedades no recibieron una mayor dosis de potasio foliar.

Figura 11 Número de granos por mazorcas en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (n°)



La figura 11 muestra el efecto del potasio foliar en el número de grano por mazorca del maíz morado, en ello el T3 - Nik - 3.0 logro el mejor número con 223.17 granos.

d. Peso de tuza o coronta por mazorca (g)

Tabla 24 Análisis de varianza para peso de tuza o coronta por mazorca (g)

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft. | Sig. 0,05 |
|--------------|------|--------|------|------|------|--------------|
| Bloques | 2 | 3.42 | 1.71 | 0.21 | 4.10 | N. S |
| Tratamientos | 5 | 22.75 | 4.55 | 0.55 | 3.33 | N. S |
| Error | 10 | 83.13 | 8.31 | | | |
| Total | 17 | 109.30 | | | | |

CV: 15.44 %

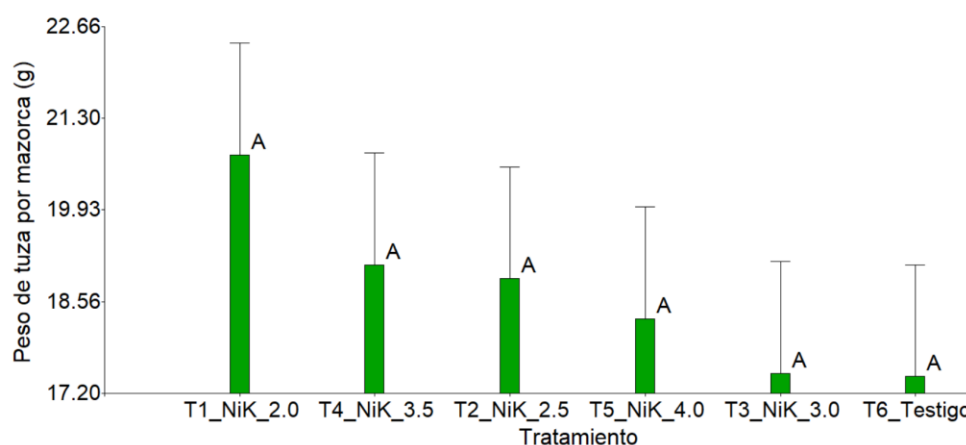
Observando la tabla 24 del análisis de varianza para peso de coronta por mazorca se aprecia que, no existe diferencia estadística significativa entre bloques, tampoco entre tratamientos, el coeficiente de variabilidad fue 15.44%, siendo aceptable para este tipo de trabajos

Tabla 25 Prueba de Tukey para peso de tuza o coronta por mazorca (g)

| OM | Tratamiento | Promedio (g) | Sig. $\alpha=0,05$ |
|----|----------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | T1 - Nik - 2.0 | 20.75 | a |
| 2 | T4 - Nik - 3.5 | 19.12 | a |
| 3 | T2 - Nik - 2.5 | 18.91 | a |
| 4 | T5 - Nik - 4.0 | 18.31 | a |
| 5 | T3 - Nik - 3.0 | 17.50 | a |
| 6 | T6 – Testigo | 17.45 | a |

La prueba de Tukey para peso de tuza o coronta por mazorca, muestra que el T1 - Nik - 2.0 tuvo el mayor peso con 20.75 gramos, así mismo, se observa que el T6 – Testigo es quien tuvo el menor peso con 17.45 g respectivamente, este resultado puede atribuirse al hecho de que este tratamiento no recibió ninguna dosis de potasio foliar.

Figura 12 Peso de tuza o coronta por mazorca en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (g)



Visualizando la figura 12 muestra que el T1 - Nik - 2.0 logro el mayor peso de coronta con 20.75 g esto bajo el efecto del potasio foliar en el cultivo de maíz.

e. Peso de mazorca (g)

Tabla 26 *Análisis de varianza para peso de mazorca (g)*

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft. | Sig. 0,05 |
|--------------|------|---------|--------|------|------|--------------|
| Bloques | 2 | 271.50 | 135.75 | 0.61 | 4.10 | N. S |
| Tratamientos | 5 | 441.72 | 88.34 | 0.40 | 3.33 | N. S |
| Error | 10 | 2226.29 | 222.63 | | | |
| Total | 17 | 2939.50 | | | | |

CV: 14.21 %

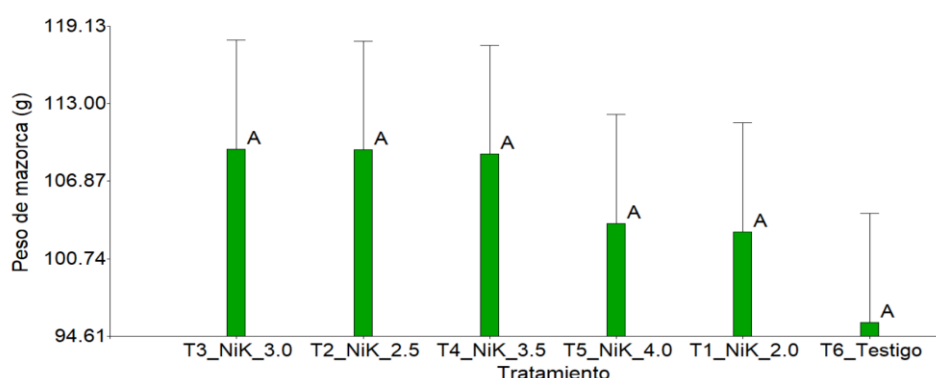
El esquema 26 de análisis de varianza nos presenta que a nivel de tratamientos no hay significancia estadística entre tratamientos, así mismo no existe significación entre bloques ni tratamientos, para peso de mazorca, siendo el coeficiente de variabilidad de 14.21% siendo aceptable para este tipo de estudio.

Tabla 27 *Prueba de Tukey para peso de mazorca (g)*

| OM | Tratamiento | Promedio (g) | Sig. $\alpha=0,05$ |
|----|----------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | T3 - Nik - 3.0 | 109.40 | a |
| 2 | T2 - Nik - 2.5 | 109.35 | a |
| 3 | T4 - Nik - 3.5 | 109.02 | a |
| 4 | T5 - Nik - 4.0 | 109.53 | a |
| 5 | T1 - Nik - 2.0 | 109.87 | a |
| 6 | T6 – Testigo | 95.72 | a |

La prueba de Tukey para peso de mazorca, muestra que el T3 - Nik - 3.0 tuvo el mayor peso con 109.40 g, superando estadísticamente a los demás tratamientos, por otro lado, el T6 – Testigo mostro menor peso con un promedio de 95.72 gramos respectivamente, este resultado puede atribuirse al hecho de que estos tratamientos recibieron distintas dosis de potasio foliar.

Figura 13 *Peso de mazorca en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (g)*



La figura 13 muestra el efecto del potasio foliar en peso de mazorca del cultivo de maíz morado, en ello el T3 - Nik - 3.0 tuvo el mayor peso con 109.40 g.

f. Rendimiento por hectárea (kg/ha)

Tabla 28 *Análisis de varianza para rendimiento por hectárea (kg/ha)*

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft. | Sig. 0,05 |
|--------------|------|------------|-----------|------|------|--------------|
| Bloques | 2 | 678887.07 | 339443.54 | 0.61 | 4.10 | N. S |
| Tratamientos | 5 | 1104194.15 | 220838.83 | 0.40 | 3.33 | N. S |
| Error | 10 | 5564989.01 | 556498.90 | | | |
| Total | 17 | 7348070.24 | | | | |

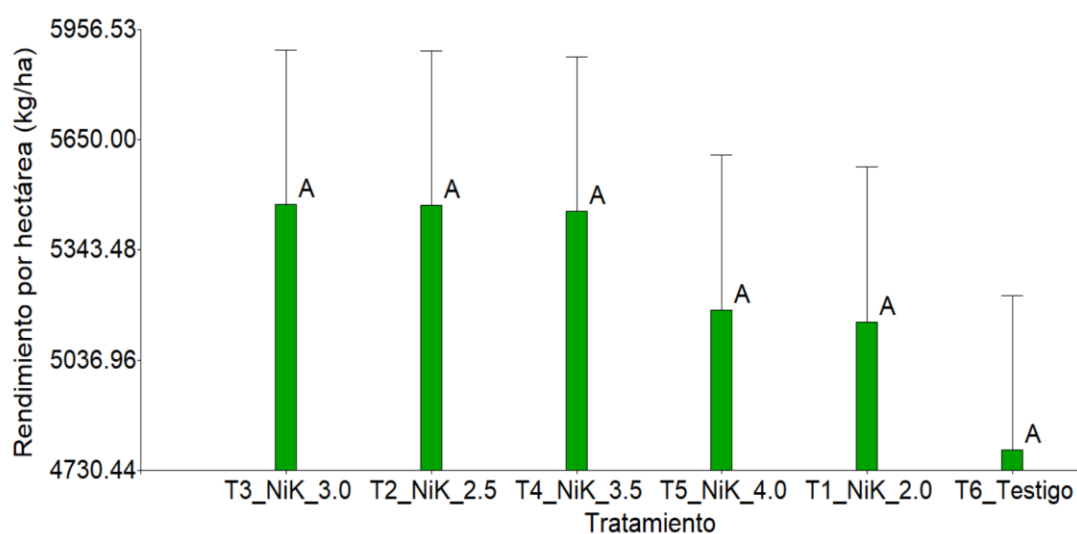
CV: 14.21 %

En la tabla 28 se presenta el análisis de varianza para rendimiento por hectárea donde se puede apreciar que para la fuente de variación tratamientos no existe diferencia estadística tampoco para bloques, así mismo, se observa que el coeficiente de variabilidad fue de 14.21 %, siendo aceptable para este tipo de trabajos.

Tabla 29 Prueba de Tukey para rendimiento por hectárea (kg/ha)

| OM | Tratamiento | Promedio (kg/ha) | Sig. $\alpha=0,05$ |
|----|----------------|---------------------|-----------------------|
| 1 | T3 - Nik - 3.0 | 5470.10 | a |
| 2 | T2 - Nik - 2.5 | 5467.47 | a |
| 3 | T4 - Nik - 3.5 | 5451.00 | a |
| 4 | T5 - Nik - 4.0 | 5176.57 | a |
| 5 | T1 - Nik - 2.0 | 5143.23 | a |
| 6 | T6 – Testigo | 4786.17 | a |

La prueba de Tukey para rendimiento por hectárea del cultivo de maíz morado, muestra que el T3 - Nik - 3.0 tuvo el mayor promedio con 5470.10 kg/ha, superando estadísticamente a los demás tratamientos, por otro lado, el T6 – Testigo mostro menor rendimiento con 4786.17 kg/ha respectivamente, este resultado se debe a que el tratamiento no tuvo la aplicación del potasio foliar.

Figura 14 Rendimiento por hectárea en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (kg/ha)

El presente esquema muestra el efecto del potasio foliar en el rendimiento por hectárea del cultivo de maíz morado, en ello el T3 - Nik - 3.0 logro el mejor rendimiento con 5470.10 kg/ha.

4.2.3. Contenido de antocianinas

a. Contenido de antocianinas (mg/g)

Tabla 30 *Análisis de varianza para contenido de antocianinas (mg/g)*

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft. | Sig. 0,05 |
|--------------|------|-------|------|-------|------|--------------|
| Bloques | 2 | 0.17 | 0.08 | 1.70 | 4.10 | N. S |
| Tratamientos | 5 | 22.99 | 4.60 | 93.42 | 3.33 | * |
| Error | 10 | 0.49 | 0.05 | | | |
| Total | 17 | 23.65 | | | | |

CV: 1.54 %

Observando el esquema 30 para contenido de antocianinas se puede apreciar que, no existe significación entre bloques, sin embargo, si existe diferencia estadística entre los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es 1.54% siendo aceptable para este tipo de trabajos.

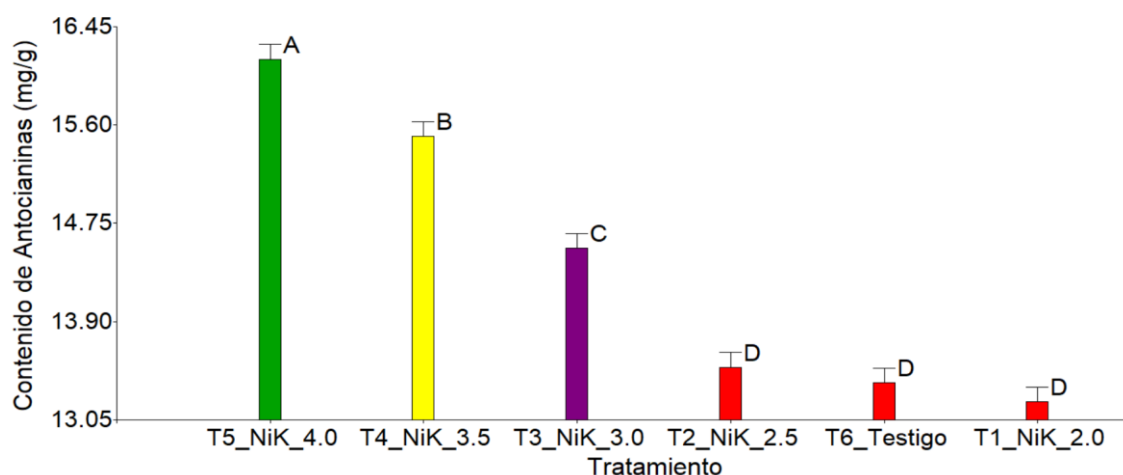
Tabla 31 *Prueba de Tukey para contenido de antocianinas (mg/g)*

| OM | Tratamiento | Promedio (mg/g) | Sig. $\alpha=0,05$ |
|----|----------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | T5 - Nik - 4.0 | 16.17 | a |
| 2 | T4 - Nik - 3.5 | 15.50 | b |
| 3 | T3 - Nik - 3.0 | 14.53 | c |
| 4 | T2 - Nik - 2.5 | 13.50 | d |
| 5 | T6 – Testigo | 13.37 | d |
| 6 | T1 - Nik - 2.0 | 13.20 | d |

Visualizado la tabla 31 en la prueba de Tukey para contenido de antocianinas, expone que el T5 - Nik - 4.0 obtuvo el mejor promedio con 16.67 mg/g de antocianinas, seguido del T4 - Nik - 3.5 con 15.50 mg/g dato

respectivamente y superando al resto de los demás tratamientos en estudio, mientras que el T1 - Nik - 2.0, muestra los resultados más bajos con un promedio de 13.20 mg/g.

Figura 15 *Contenido de antocianinas en maíz morado bajo el efecto de potasio foliar (mg/g)*



La figura 15 muestra el efecto del potasio foliar en el contenido de antocianinas en maíz morado, en ello el T5 - Nik - 4.0 logro el mejor promedio con 16.17 mg/g.

4.3. Prueba de hipótesis

La hipótesis general formulada se confirma parcialmente, ya que la aplicación de potasio foliar tuvo un efecto significativo en la acumulación de antocianinas, pero no en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays*) cultivado en las condiciones de Yanahuanca-Pasco. Esta afirmación se sustenta en los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza y la correspondiente prueba estadística de Tukey, previamente detallados en el estudio.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Características agronómicas

a. Altura de planta a la cosecha (m)

Con respecto a esta variable los resultados observados, donde el T4 - Nik - 3.5 alcanza la mayor altura de planta (2.46 m) y el T3 - Nik -

3.0 la menor (2.38 m), muestran variaciones similares a lo reportado por autores como Andrade (2022) quien, en su investigación sobre rendimiento y contenido de antocianinas bajo el efecto de fuentes orgánicas, tuvo resultados de 2.3 m de altura. Asimismo, López (2019) reporta alturas similares encontrando que la aplicación de dosis específicas de fertilizantes influye significativamente en la altura de las plantas.

b. Altura a la inserción de la mazorca (m)

Los resultados, que indican que el tratamiento T1 - Nik - 2.0 alcanzó la mayor altura a la inserción de la mazorca (1.47 m), estos resultados coinciden con estudios como Quispe et al. (2021), quienes encontraron una altura de 1.31 m y 1.36 siendo inferiores a nuestro resultado, afirmando que unas dosis adecuadas de potasio foliar pueden mejorar significativamente el crecimiento de las plantas, favoreciendo la altura de inserción de la mazorca.

c. Diámetro de tallo (cm)

Los resultados obtenidos en esta variable muestran que el T1 - Nik - 2.0 logró el mayor diámetro de tallo (2.44 cm) mientras que el T5 - Nik - 4.0 tuvo el menor (2.23 cm), con promedios estadísticamente similares entre los tratamientos, las se alinean con investigaciones como las de Quintos y Chilcon (2024) quienes encontraron que dosis óptimas de fertilizantes pueden incrementar el grosor del tallo, mejorando la resistencia de las plantas, teniendo como datos inferiores con 4.91 cm. No obstante, la falta de diferencias significativas entre tratamientos también ha sido reportada por autores como Andrade (2022), quienes sugieren que otros factores, como el balance hídrico o la competencia entre plantas, pueden

atenuar las diferencias en el diámetro del tallo, incluso bajo distintas dosis de nutrientes.

d. Días al inicio de floración (nº)

En la investigación los resultados que indican que el T4 - Nik - 3.5 alcanzó el inicio de floración en 29 días, sin diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, estos resultados coinciden con investigaciones previas, como las de Gómez y Vázquez (2023) quien en su revista de investigación sugieren que la variabilidad en los días al inicio de floración es generalmente baja cuando los tratamientos reciben condiciones de cultivo similares. Aunque T4 - Nik - 3.5 muestra un inicio de floración ligeramente más rápido, Quispe et al. (2021) destacan que la floración es un proceso influenciado por factores genéticos más que por variaciones menores en la nutrición, lo que explica la falta de diferencias significativas observadas entre los tratamientos en este tipo de estudios.

e. Longitud de mazorca (cm)

Los resultados que muestran al T2 - Nik - 2.5 con la mayor longitud de mazorca (15.13 cm) y al T5 - Nik - 4.0 con la menor (13.47 cm), sin diferencias significativas entre los demás tratamientos, son consistentes con investigaciones como las de Quintos y Chilcon (2024) quienes en su investigación de tesis encontraron promedios similares como 14.39 y 13.48 con la aplicación de humus + guano de isla, así mismo concluyen que la longitud de la mazorca puede ser influenciada por la dosis de fertilizantes aplicados. Del mismo modo, Quispe et al. (2011) sugieren que, aunque ciertos tratamientos pueden mostrar resultados superiores, la interacción de factores como la genética de la variedad y las condiciones

ambientales a menudo atenúa las diferencias observadas, lo que explica la similitud en los promedios entre tratamientos en este estudio.

f. Diámetro de mazorca (cm)

Los resultados obtenidos indican que el T6 – Testigo obtuvo el mayor diámetro de mazorca (4.56 cm) y el T1 - Nik - 2.0 el menor (4.31 cm), con ausencia de diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos, son similares a los hallazgos de Briceño y Valverde (2020) quienes reportaron un diámetro de 4.83cm y 4.77 cm utilizando un riego por goteo, además señalo que la variabilidad en el diámetro de la mazorca puede estar influenciada por factores como la genética de la variedad y las condiciones de crecimiento, lo cual puede explicar la falta de diferencias notables entre los tratamientos y el rendimiento superior del grupo testigo en ciertos estudios.

4.4.2. Componentes de rendimiento

a. Número de hileras por mazorcas (nº)

Para esta variable estudiada nos indican como resultado que el T4 - Nik - 3.5 tuvo el mayor número de hileras por mazorca (11.33) y el T2 - Nik - 2.5 el menor (10.67), siendo similares a distintas investigaciones como la de Ortiz (2023) quien mostro valores de 10.93 y 10.20 hileras por mazorca afirmando así que el número de hileras en las mazorcas puede variar con diferentes tratamientos de fertilización, pero las diferencias suelen ser sutiles cuando los efectos de los tratamientos son similares. Sin embargo, existen también otro estudio como las de Quintos y Chilcon (2024) quienes tuvieron resultados superiores con 20.74 hileras, esto se debe a que

factores como la genética y las condiciones ambientales pueden tener un impacto considerable en la formación de hileras, lo cual podría explicar la falta de diferencias significativas entre los tratamientos en este tipo de investigaciones.

b. Número de granos por hileras (nº)

Los resultados que muestran que el T4 - Nik - 3.5 y el T3 - Nik - 3.0 tuvieron la mayor cantidad de granos por hilera (20.67 y 20.58, respectivamente) sugieren una influencia positiva del potasio foliar en el desarrollo de granos en el maíz morado. Este hallazgo coincide con Ortiz (2023), quien en su investigación sobre la producción de agua en maíz morado obtuvo promedios de 26.17 y 24.60 granos por hilera siendo superiores a nuestros resultados. Además, Puiquin (2023) confirmaron que niveles adecuados de potasio contribuyen a un aumento en el número de granos por hilera, evidenciando la importancia del potasio en el rendimiento del maíz, lo que respalda la observación de que el potasio foliar tiene un impacto positivo en el desarrollo del cultivo.

c. Número de granos por mazorca (nº)

Los resultados de esta variable indican que los tratamientos T3 - Nik - 3.0 y T4 - Nik - 3.5 obtuvieron el mayor número de granos por mazorca (223.17 y 223.0) sugieren que estas dosis moderadas de potasio foliar pueden ser óptimas para maximizar la producción de granos. Este hallazgo se asemeja con estudios como los de Farroñan y Sernaqué (2020), quienes encontraron en su investigación resultados de 301.73 granos por mazorca bajo la aplicación de bioestimulante, demostrando que dosis moderadas pueden favorecer el aumento en el número de granos, mientras que dosis excesivas pueden no tener un efecto adicional significativo.

Del mismo modo, López (2019) informa que dosis equilibradas de potasio pueden promover un mejor desarrollo de las mazorcas y un mayor número de granos, apoyando la observación de que dosis demasiado altas de potasio no necesariamente mejoran el rendimiento.

d. Peso de tuza o coronta por mazorca (g)

Los resultados para esta variable estudiada muestran que el T1 - Nik - 2.0 tuvo el mayor peso de tuza o coronta por mazorca (20.75 gramos) y el T6 – Testigo el menor (17.45 gramos) sugieren una influencia positiva del potasio foliar en el desarrollo de la tuza. Este estudio se asemeja a lo reportado por Farroñan y Sernaqué (2020) quienes encontraron promedios como 23.27 gramos de coronta, concluyendo que la aplicación de bioestimulante en el cultivo de maíz morado, influye para un buen peso de la tuza debido a su papel en la síntesis de carbohidratos y la mejora en el desarrollo del grano. Además, Oré (2015) confirma que el potasio favorece el crecimiento de la coronta al optimizar la absorción de nutrientes, lo que respalda la observación de que la falta de potasio en el tratamiento testigo puede haber limitado el peso de la tuza en comparación con tratamientos que recibieron potasio.

e. Peso de mazorca (g)

En la investigación los resultados nos indican que el T3 - Nik - 3.0 tuvo el mayor peso de mazorca (109.40 g) y el T6 – Testigo el menor (95.72 g) son coherentes con estudios como los de Cabrera (2016) quien en su investigación sobre rendimiento de cuatro variedades de maíz morado logro un peso de 106 gramos, quienes también observaron que la aplicación de potasio foliar puede mejorar significativamente el peso de las mazorcas al aumentar la eficiencia

en la fotosíntesis y el transporte de nutrientes. Además, Aguirre Pajuelo (2016) afirma que la ausencia de potasio en los cultivos como el maíz puede limitar el crecimiento y desarrollo de la mazorca, corroborando que el potasio es crucial para alcanzar un mayor peso en la mazorca.

f. Rendimiento por hectárea (kg/ha)

En esta variable los resultados que muestran que el T3 - Nik - 3.0 logró el mayor rendimiento por hectárea (5470.10 kg/ha) y el T6 – Testigo el menor (4786.17 kg/ha) son consistentes con estudios como los de Aguirre (2016), quien en su investigación con maíz morado encontró rendimientos de 3626.8 kg/ha y 2495.9 kg/ha representado el 59.6 % del rendimiento comercial. Asimismo, Puiquin (2023) en su evaluación del rendimiento y contenido de antocianinas de dos variedades de maíz morado tuvo resultados de 1.11 t/ha y 1.54 t/ha, por lo que podemos decir que la falta de potasio foliar en el testigo limitó el rendimiento debido a una menor capacidad para soportar y desarrollar la mazorca, corroborando que el potasio es un factor clave para maximizar el rendimiento en maíz. Estos hallazgos sugieren que el tratamiento con potasio (T3 - Nik - 3.0) es más efectivo en la mejora del rendimiento en comparación con el testigo sin aplicación de potasio.

4.4.3. Contenido de antocianinas

a. Contenido de antocianinas (mg/g)

Los resultados que muestran que el T5 - Nik - 4.0 obtuvo el mayor contenido de antocianinas (16.67 mg/g) y el T1 - Nik - 2.0 el menor (13.20 mg/g), con el T4 - Nik - 3.5 también mostrando valores altos (15.50 mg/g), estos resultados son superiores a lo reportado por Rabanal y Medina (2021) quienes lograron promedios de 7.9 y 4.53

mg/g, por lo que podemos decir que en dosis más altas de potasio pueden aumentar la concentración de antocianinas en el maíz, debido a su efecto positivo en la biosíntesis de pigmentos. Además, Lopez (2019) confirma que niveles adecuados de nutrientes, como el potasio, influyen en la acumulación de antocianinas, mientras que dosis más bajas o excesivas pueden limitar este proceso, explicando por qué el T5 y el T4 superan al T1 en contenido de antocianinas. Estos hallazgos sugieren que el potasio foliar contribuye significativamente al aumento de antocianinas en el maíz morado.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que:

1. El efecto del potasio foliar en el rendimiento y acumulación de antocianinas en maíz morado (*Zea mays*) fue significativo en condiciones de Yanahuanca - Pasco. Subrayando la importancia del potasio en el desarrollo y calidad, optimizando así el cultivo de maíz.
2. En esta investigación los resultados obtenidos muestran variabilidad en las características morfológicas y de crecimiento bajo diferentes tratamientos de potasio foliar, destacando al T4 - Nik – 3.5 en altura de planta, T1-NiK-2.0 destacó en inserción de mazorca y diámetro de tallo, mientras que el T4 - Nik - 3.5 fue notable en el inicio de floración, y el T2 - Nik - 2.5 en la longitud de mazorca.
3. En conclusión, los resultados sugieren que los tratamientos T4 - Nik - 3.5 y T3 - Nik - 3.0, con dosis moderadas de potasio foliar, fueron los más efectivos en maximizar la producción, mostrando un mayor número de hileras, granos por hilera, y rendimiento por hectárea. Además, el tratamiento T1 - Nik - 2.0 destacó en el peso de la tuza, lo que refuerza la influencia positiva del potasio foliar en varios aspectos del desarrollo del maíz.
4. Los resultados indican que las dosis más altas de potasio foliar, como en el T5 - Nik - 4.0, favorecieron un mayor contenido de antocianinas en el maíz morado, con valores significativamente superiores a los obtenidos con dosis más bajas. Esto sugiere que el potasio juega un papel crucial en la biosíntesis de antocianinas.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar potasio foliar en el cultivo de maíz morado para mejorar tanto el rendimiento como la acumulación de antocianinas, adaptando la dosis a las condiciones específicas de Yanahuanca - Pasco.
2. Considerar la aplicación de potasio foliar en diferentes fases del cultivo para optimizar características morfológicas clave, ajustando las dosis según los objetivos deseados, como altura de planta o longitud de mazorca.
3. Se sugiere emplear dosis moderadas de potasio foliar, como las aplicadas en los tratamientos T4 - Nik - 3.5 y T3 - Nik - 3.0, para maximizar la producción y mejorar el rendimiento por hectárea en maíz morado.
4. Para incrementar el contenido de antocianinas en maíz morado, se recomienda aplicar dosis más altas de potasio foliar, como en el tratamiento T5 - Nik - 4.0, asegurando así una mayor calidad nutricional del cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Pajuelo, E. B. (2016). Efecto de la aplicación de humatos de potasio y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado cv. Prosemillas (*Zea mays* L.) bajo RLAF: goteo.
- Andrade, C. K. (2022). Efecto de fuentes orgánicas en el rendimiento y contenido de antocianinas en maíz morado (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo, en Lima, Perú. *Peruvian Agricultural Research*, 4(1).
- Arce, A. (1989). Densidad de siembra y arreglo espacial en maíces de diferente periodo vegetativo bajo condiciones de trópico. Tesis Mg.Sc. de la Especialidad de Producción Agrícola. UNALM. Lima -Perú.
- Barreda, H. (1981). Efecto de la densidad de siembra y abonamiento en el rendimiento de maíz reventón PMS-273. Tesis de la Facultad de Agronomía. UNALM. Lima-Perú.
- Bayer. (2022). Fertilizantes nitrogenados y fosfatados: Guía para una nutrición eficaz de cultivos. Bayer Crop Science.
- Benton Jones, J. 1998. Tomato Plant Culture. In the field, greenhouse and home garden. CRC Press, Boca Raton, FL 199 pp.
- Blevins, D. G. 1994. Uptake, translocation and function of essential mineral elements in crop plants. p. 259 - 275. En K.J. Boote et al. (ed.) *Physiology and determination of crop yield*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Briceño, H., Alvarez, L. M., & Valverde, A. (2020). Efecto del riego por goteo en el rendimiento y contenido de antocianinas en cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.). *Manglar*, 17(3), 221-226.
- Cabrera Castañeda, C. R. (2016). Tres láminas de riego en el rendimiento de cuatro variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo.
- Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M. de L., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A., & Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins:

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>

Delgado-Vargas, F., & Paredes-López, O. (2003). Natural colorants for food and nutraceutical uses. CRC Press.

FAO. (2023). Maíz: Características, cultivo y usos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Farroñan Sandoval, R. D., & Sernaqué Montenegro, M. A. (2020). Efecto en el rendimiento y rentabilidad de la aplicación de cuatro bióestimulantes en el cultivo de maíz morado (*Zea mays* var. *amilacea* L.) en el distrito de Monsefú, Provincia de Chiclayo, Región de Lambayeque.

Gómez, J., & Vázquez, C. (2023). Fertilización foliar en cultivos de alto valor: eficiencia y aplicaciones. *Revista de Agronomía Andina*, 15(1), 22–31.

Gómez, L., & Vázquez, R. (2023). Efectos de la fertilización foliar con potasio en el rendimiento del maíz morado. *Revista Agrícola Peruana*, 29(1), 101-115.

Gonzales, G. F., & Gonzales, C. (2011). Ethnobiology and ethnopharmacology of *Lepidium meyenii* (Maca), a plant from the Peruvian Highlands. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, Article ID 193496. <https://doi.org/10.1155/2012/193496>

González, L., & Herrera, M. (2023). Estudio de las condiciones edafoclimáticas del maíz morado en los Andes peruanos. *Revista de Agricultura Andina*, 34(2), 115-130.

Greenwood, N. N. y Earnshaw, A. 1998. *Chemistry of the Elements*, 2da Edición. Butterworth-Heinemann, Oxford.

Jussaux, A. (1980). *La vida Agrícola*. Vol. 19 N° 527

Justiniano, E. (2010). Fenología e intensidad de color en corontas de maíz morado (*Zea Mayz* L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina. Tesis para optar el título de Mg. Sc. EPG, UNALM. 77p.

- Lopez R, S,. (2019) “Densidad de siembra y momentos de aplicación de fósforo en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) bajo goteo” Tesis pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Perú.
- Manrique, A. (1988). El maíz en el Perú. Edigraf. Fondo del Libro del BAP.Lima, Perú.
- Manrique, A. (2001). “Maíz morado peruano (Zea mays L.amilaceaest.)”.Agro Enfoque. Lima. Perú. Año XVI-N°126.Agosto.
- Marschner, H. (2012). Mineral nutrition of higher plants (3rd ed.). Academic Press.
- Mayanga M. A., (2011). Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado (Zea mayz L.) cv. PMV 581, bajo riego por goteo.
- Mendoza, R., Pérez, J., & Torres, F. (2021). Factores que afectan el rendimiento del maíz morado: Un estudio de campo. Ciencia y Tecnología Agraria, 16(1), 45-60.
- Oré Gallegos, V. V. (2015). Fertilización potásica y nivel nutricional en el rendimiento de maíz morado PMV-581 (Zea mays L.), bajo riego por goteo.
- Ortiz Yalta, G. L. (2023). Función de producción del agua en el cultivo maíz morado (Zea mays. L.) utilizando riego por goteo en la UNALM.
- Pérez, A., Ramírez, J., & Morales, F. (2021). Respuesta del maíz a la fertilización foliar potásica en condiciones de sequía. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 15(2), 197–208. <https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i2.13172>
- Pérez, S., Ramírez, L., & Torres, F. (2021). Diagnóstico de deficiencias de nutrientes en maíz morado. Ciencia del Suelo y Nutrición de Plantas, 37(4), 455-469.
- Puiquin Zumaeta, L. (2023). Evaluación del rendimiento y contenido de antocianinas de dos variedades de maíz morado (Zea mays L.) con diferentes niveles de fertilización en la Jalca-Amazonas.
- Quintos Dávila, I., & Chilcon Montenegro, W. (2024). Efecto de la fertilización orgánica, en el rendimiento y calidad de maíz morado (Zea mays L.) variedad INIA 601 en la provincia de Cutervo, región Cajamarca, 2020-2021.

- Quispe Jacobo, Fredy, Arroyo Condorena, Karim, & Gorriti Gutiérrez, Arilmí. (2011). Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa - Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77(3), 205-217.
- Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyos, A. (2021). Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *Terra Latinoamericana*, 39.
- Sevilla, R. & Valdez, A (1985). Estudio de Factibilidad del cultivo de maíz morado. Fondo de Promoción y Exportación (Fopex). Lima, Perú.
- Takhtajan, A, (1980). Outline of the classification of flowering plant (Magnoliophyta). *Thebotanicalreview*. New York, Estados Unidos.
- Yang, J., & Zhai, W. (2010). Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the pericarp of purple corn (*Zea mays* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 169–176.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.09.003>

ANEXOS

Anexo 1. Instrumentos para recolección de datos

- Fichas de evaluación para recojo de datos
- Dispositivos mecánicos y electrónicos
- Cuaderno de campo
- USB, Celulares
- Cámara fotográfica
- Balanzas
- Wincha y vernier
- Software estadísticos como Excel e Infostat
- Observación y entrevista como técnicas para recojo de la información.
- Suposiciones o ideas
- Métodos de recolección de datos: métodos analíticos y métodos cuantitativos.

Anexo 3. Resultados del análisis de suelo



SERVICIO DE LABORATORIO



Laboratorio de servicio de Suelos:

Teléfono: 24-6206 y 24-7011

Nombre: UNDAC AGRONOMIA YANAHUANCA

Localidad: Tinyacu, YANAHUANCA

RESULTADOS DE ANALISIS

| Potrero | N° de laboratorio | Fecha |
|---------|-------------------|------------|
| | 221-2019 | 27.10.2019 |

| | | | | | | | | TEXTURA | | | |
|-----|-------|------|-------|-------|----|------|--------|---------|---------|------|---------|
| pH | C.E | M.O | P | K | H° | N | D.a. | Arena | Arcilla | Limo | Franco |
| 6.6 | mS/cm | % | (ppm) | (ppm) | % | % | Gr/cm³ | % | % | % | Arenoso |
| | | 1.38 | 4.33 | 158 | | 0.08 | | 41.3 | 29.9 | 28.8 | |

INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS

| | Peligro | Normal | | BAJO | MEDIO | ALTO |
|---------------------|---------|--------|----------------|------|-------|------|
| Acidez Extractable | | | % M.O. | X | | |
| | | | Fosforo (P) | | X | |
| Reacción del Suelo | | X | Potasio (K) | | X | |
| | | | Calcio (Ca) | | | |
| | | | Magnesio (Mg) | | | |
| | | | Zinc (Zn) | | | |
| Salinidad del Suelo | | | Manganeso (Mn) | | | |
| | | | % N. | X | | |

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES DEL LABORATORIO DE SUELOS

| NUTRIENTES | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|--|---|-------------------------------|------------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|-------------------------------|------------------|
| | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha | Kg/ha |
| Mínimo | 100 | 110 | 100 | | | | | | |
| Máximo | 150 | 120 | 110 | | | | | | |
| Recomendaciones y observaciones especiales | Incorporar Materia Orgánica descompuesta, a razón de 3 a 5 TM/Ha. | | | | | | | | |

Cultivo Actual: TESIS (CULTIVO DE MAIZ MORADO)

| | | | | | |
|---|-----------------------|--|--|--|--|
| Recomendaciones de fertilizantes por el especialista. | Al tiempo del sembrío | El 50 % de N Todo el P ₂ O ₅ y el K ₂ O | | | |
| | | | | | |
| | Al aporque o cultivo | El 50 % de N | | | |
| | | | | | |

INIA
Estación Experimental Agraria
Santa Ana - Huancayo
Ing. Msc. Oscar Garay Canales
(e) Area de Suelos

Anexo 4. Datos evaluados

| Altura de planta a la cosecha (m) | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
| | BLOQUE I | | | | | BLOQUE II | | | | | BLOQUE III | | | | |
| Tratamiento | P1 | P2 | P3 | P4 | PROM | P1 | P2 | P3 | P4 | PROM | P1 | P2 | P3 | P4 | PROM |
| T1 Nitrofos K 2.0 L/ha | 2.38 | 2.50 | 2.20 | 2.30 | 2.35 | 2.43 | 2.30 | 2.35 | 2.48 | 2.39 | 2.57 | 2.46 | 2.55 | 2.55 | 2.53 |
| T2 Nitrofos K 2.5 L/ha | 2.25 | 2.26 | 2.40 | 2.24 | 2.29 | 2.06 | 3.03 | 2.44 | 2.38 | 2.48 | 2.90 | 2.40 | 2.49 | 2.38 | 2.54 |
| T3 Nitrofos K 3.0 L/ha | 2.45 | 2.36 | 2.37 | 2.33 | 2.38 | 2.40 | 2.38 | 2.32 | 2.38 | 2.37 | 2.18 | 2.50 | 2.40 | 2.44 | 2.38 |
| T4 Nitrofos K 3.5 L/ha | 2.47 | 2.39 | 2.30 | 2.46 | 2.41 | 2.45 | 2.40 | 2.50 | 2.58 | 2.48 | 2.38 | 2.50 | 2.49 | 2.42 | 2.45 |
| T5 Nitrofos K 4.0 L/ha | 2.38 | 2.37 | 2.50 | 2.47 | 2.43 | 2.48 | 2.69 | 2.44 | 2.49 | 2.53 | 2.35 | 2.38 | 2.39 | 2.22 | 2.34 |
| T6 Testigo absoluto | 2.50 | 2.55 | 2.37 | 2.45 | 2.47 | 2.50 | 2.30 | 2.35 | 2.40 | 2.39 | 2.29 | 2.34 | 2.31 | 2.25 | 2.30 |

| Altura a la inserción a la mazorca (m) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
| | BLOQUE I | | | | | BLOQUE II | | | | | BLOQUE III | | | | |
| Tratamiento | P1 | P2 | P3 | P4 | PROM | P1 | P2 | P3 | P4 | PROM | P1 | P2 | P3 | P4 | PROM |
| T1 Nitrofos K 2.0 L/ha | 1.90 | 1.80 | 1.05 | 1.13 | 1.47 | 1.90 | 1.00 | 1.70 | 1.30 | 1.48 | 1.60 | 1.20 | 1.90 | 1.10 | 1.45 |
| T2 Nitrofos K 2.5 L/ha | 1.70 | 1.11 | 1.07 | 1.11 | 1.25 | 0.98 | 1.15 | 1.60 | 1.11 | 1.21 | 1.90 | 1.70 | 1.20 | 1.00 | 1.45 |
| T3 Nitrofos K 3.0 L/ha | 1.19 | 1.10 | 1.90 | 1.12 | 1.33 | 1.30 | 1.40 | 1.20 | 1.70 | 1.40 | 0.95 | 1.10 | 1.40 | 1.90 | 1.34 |
| T4 Nitrofos K 3.5 L/ha | 1.10 | 1.13 | 1.60 | 1.60 | 1.36 | 1.80 | 1.30 | 1.30 | 1.90 | 1.58 | 1.10 | 1.70 | 1.20 | 1.60 | 1.40 |
| T5 Nitrofos K 4.0 L/ha | 1.90 | 1.13 | 1.60 | 1.70 | 1.58 | 1.20 | 1.15 | 1.10 | 1.20 | 1.16 | 0.98 | 1.50 | 1.90 | 1.20 | 1.40 |
| T6 Testigo absoluto | 1.11 | 1.80 | 1.60 | 1.40 | 1.48 | 1.10 | 1.20 | 1.15 | 1.90 | 1.34 | 1.00 | 1.90 | 1.15 | 1.13 | 1.30 |

| Diametro de tallo (cm) | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
| | BLOQUE I | | | | | BLOQUE II | | | | | BLOQUE III | | | | |
| Tratamiento | P1 | P2 | P3 | P4 | PROM | P1 | P2 | P3 | P4 | PROM | P1 | P2 | P3 | P4 | PROM |
| T1 Nitrofos K 2.0 L/ha | 2.20 | 2.30 | 3.20 | 2.70 | 2.60 | 2.30 | 2.50 | 2.00 | 2.10 | 2.23 | 3.10 | 2.10 | 2.40 | 2.40 | 2.50 |
| T2 Nitrofos K 2.5 L/ha | 2.40 | 1.50 | 2.40 | 2.10 | 2.10 | 2.40 | 2.30 | 2.10 | 2.70 | 2.38 | 2.20 | 1.40 | 3.10 | 2.70 | 2.35 |
| T3 Nitrofos K 3.0 L/ha | 2.20 | 2.30 | 2.30 | 2.60 | 2.35 | 2.40 | 2.10 | 2.10 | 2.10 | 2.18 | 2.60 | 2.60 | 2.20 | 2.50 | 2.48 |
| T4 Nitrofos K 3.5 L/ha | 2.20 | 2.40 | 2.40 | 3.20 | 2.55 | 2.00 | 2.30 | 2.10 | 2.30 | 2.18 | 3.40 | 2.60 | 2.10 | 2.30 | 2.60 |
| T5 Nitrofos K 4.0 L/ha | 2.40 | 2.50 | 2.20 | 2.30 | 2.35 | 2.20 | 2.40 | 2.10 | 2.10 | 2.20 | 2.30 | 2.10 | 2.20 | 2.00 | 2.15 |
| T6 Testigo absoluto | 2.10 | 3.10 | 2.30 | 2.60 | 2.53 | 2.10 | 2.10 | 2.00 | 2.10 | 2.08 | 2.40 | 2.40 | 2.90 | 2.70 | 2.60 |

| | Longitud de mazorca (cm) | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
| | BLOQUE I | | | | | BLOQUE II | | | | | BLOQUE III | | | | |
| Tratamiento | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM |
| T1 Nitrofos K 2.0 L/ha | 12.10 | 18.20 | 11.50 | 14.70 | 14.13 | 11.00 | 13.70 | 16.30 | 13.60 | 13.65 | 12.90 | 13.90 | 17.90 | 14.20 | 14.73 |
| T2 Nitrofos K 2.5 L/ha | 16.50 | 16.30 | 15.20 | 15.20 | 15.80 | 14.80 | 11.40 | 13.00 | 15.10 | 13.58 | 17.50 | 11.70 | 18.00 | 16.80 | 16.00 |
| T3 Nitrofos K 3.0 L/ha | 14.70 | 18.00 | 19.10 | 12.60 | 16.10 | 12.60 | 13.30 | 12.10 | 13.90 | 12.98 | 10.80 | 12.10 | 15.80 | 13.30 | 13.00 |
| T4 Nitrofos K 3.5 L/ha | 9.00 | 12.70 | 16.30 | 12.30 | 12.58 | 14.10 | 15.50 | 14.30 | 15.10 | 14.75 | 13.50 | 14.70 | 13.40 | 12.70 | 13.58 |
| T5 Nitrofos K 4.0 L/ha | 12.90 | 15.20 | 13.60 | 16.50 | 14.55 | 11.70 | 15.10 | 13.90 | 14.10 | 13.70 | 10.80 | 12.70 | 11.00 | 14.10 | 12.15 |
| T6 Testigo absoluto | 13.90 | 14.10 | 14.10 | 10.50 | 13.15 | 13.20 | 13.10 | 11.40 | 14.80 | 13.13 | 17.70 | 19.00 | 12.90 | 13.60 | 15.80 |

| | Diámetro de mazorca (cm) | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--------------------------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|
| | BLOQUE I | | | | | BLOQUE II | | | | | BLOQUE III | | | | |
| Tratamiento | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM |
| T1 Nitrofos K 2.0 L/ha | 4.69 | 4.50 | 5.10 | 3.37 | 4.42 | 4.81 | 4.35 | 3.64 | 4.91 | 4.43 | 4.00 | 4.15 | 4.00 | 4.14 | 4.07 |
| T2 Nitrofos K 2.5 L/ha | 4.70 | 4.19 | 3.96 | 4.28 | 4.28 | 4.30 | 3.93 | 4.63 | 4.34 | 4.30 | 4.92 | 4.30 | 4.12 | 4.78 | 4.53 |
| T3 Nitrofos K 3.0 L/ha | 3.91 | 3.66 | 4.82 | 4.76 | 4.29 | 4.73 | 5.10 | 4.12 | 3.91 | 4.47 | 4.12 | 4.75 | 4.65 | 3.67 | 4.30 |
| T4 Nitrofos K 3.5 L/ha | 4.54 | 4.10 | 4.40 | 4.00 | 4.26 | 4.64 | 4.20 | 5.10 | 4.83 | 4.69 | 3.96 | 3.96 | 3.87 | 4.10 | 3.97 |
| T5 Nitrofos K 4.0 L/ha | 4.67 | 4.00 | 4.73 | 4.20 | 4.40 | 5.28 | 4.78 | 4.40 | 4.53 | 4.75 | 4.50 | 4.60 | 4.44 | 4.00 | 4.39 |
| T6 Testigo absoluto | 4.32 | 4.78 | 4.65 | 4.38 | 4.53 | 4.55 | 4.10 | 4.60 | 4.84 | 4.52 | 4.50 | 4.80 | 4.87 | 4.40 | 4.64 |

| | Número de hileras por mazorcas (n°) | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------------------------------------|----|----|----|-------|-----------|----|----|----|-------|------------|----|----|----|-------|
| | BLOQUE I | | | | | BLOQUE II | | | | | BLOQUE III | | | | |
| Tratamiento | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM |
| T1 Nitrofos K 2.0 L/ha | 10 | 10 | 14 | 14 | 12.00 | 12 | 10 | 10 | 12 | 11.00 | 10 | 8 | 8 | 12 | 9.50 |
| T2 Nitrofos K 2.5 L/ha | 10 | 12 | 10 | 10 | 10.50 | 10 | 8 | 12 | 8 | 9.50 | 12 | 12 | 10 | 14 | 12.00 |
| T3 Nitrofos K 3.0 L/ha | 10 | 8 | 12 | 12 | 10.50 | 12 | 14 | 10 | 10 | 11.50 | 8 | 12 | 12 | 10 | 10.50 |
| T4 Nitrofos K 3.5 L/ha | 14 | 10 | 12 | 10 | 11.50 | 10 | 12 | 12 | 12 | 11.50 | 10 | 10 | 12 | 12 | 11.00 |
| T5 Nitrofos K 4.0 L/ha | 12 | 10 | 10 | 12 | 11.00 | 12 | 12 | 12 | 10 | 11.50 | 12 | 10 | 14 | 10 | 11.50 |
| T6 Testigo absoluto | 12 | 12 | 10 | 12 | 11.50 | 12 | 12 | 10 | 10 | 11.00 | 10 | 12 | 14 | 10 | 11.50 |

| | Número de granos por hilera (n°) | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------------|----|----|----|-------|-----------|----|----|----|-------|------------|----|----|----|-------|
| | BLOQUE I | | | | | BLOQUE II | | | | | BLOQUE III | | | | |
| Tratamiento | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM |
| T1 Nitrofos K 2.0 L/ha | 20 | 25 | 15 | 23 | 20.75 | 13 | 14 | 13 | 27 | 16.75 | 10 | 8 | 8 | 12 | 9.50 |
| T2 Nitrofos K 2.5 L/ha | 24 | 23 | 19 | 13 | 19.75 | 18 | 18 | 19 | 8 | 15.75 | 26 | 23 | 16 | 19 | 21.00 |
| T3 Nitrofos K 3.0 L/ha | 21 | 27 | 25 | 19 | 23.00 | 21 | 20 | 23 | 23 | 21.75 | 16 | 20 | 22 | 10 | 17.00 |
| T4 Nitrofos K 3.5 L/ha | 13 | 23 | 26 | 25 | 21.75 | 23 | 19 | 19 | 20 | 20.25 | 20 | 23 | 18 | 19 | 20.00 |
| T5 Nitrofos K 4.0 L/ha | 17 | 23 | 21 | 22 | 20.75 | 24 | 21 | 11 | 20 | 19.00 | 16 | 15 | 17 | 22 | 17.50 |
| T6 Testigo absoluto | 24 | 18 | 20 | 16 | 19.50 | 17 | 18 | 16 | 20 | 17.75 | 22 | 22 | 16 | 17 | 19.25 |

| | Número de granos por mazorca (n°) | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|--------|-----------|-----|-----|-----|--------|------------|-----|-----|-----|--------|
| | BLOQUE I | | | | | BLOQUE II | | | | | BLOQUE III | | | | |
| Tratamiento | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM | m1 | m2 | m3 | m4 | PROM |
| T1 Nitrofos K 2.0 L/ha | 200 | 250 | 210 | 322 | 245.50 | 156 | 140 | 130 | 324 | 187.50 | 140 | 136 | 160 | 180 | 154.00 |
| T2 Nitrofos K 2.5 L/ha | 240 | 276 | 190 | 130 | 209.00 | 180 | 144 | 228 | 208 | 190.00 | 312 | 276 | 160 | 266 | 253.50 |
| T3 Nitrofos K 3.0 L/ha | 210 | 216 | 300 | 228 | 238.50 | 252 | 280 | 230 | 230 | 248.00 | 128 | 240 | 264 | 100 | 183.00 |
| T4 Nitrofos K 3.5 L/ha | 182 | 220 | 312 | 250 | 241.00 | 230 | 252 | 132 | 200 | 203.50 | 200 | 230 | 240 | 228 | 224.50 |
| T5 Nitrofos K 4.0 L/ha | 204 | 230 | 210 | 264 | 227.00 | 230 | 228 | 228 | 240 | 231.50 | 192 | 150 | 238 | 220 | 200.00 |
| T6 Testigo absoluto | 288 | 216 | 200 | 192 | 224.00 | 204 | 216 | 160 | 240 | 205.00 | 220 | 264 | 224 | 170 | 219.50 |

| | Peso de tuza o coronta por mazorca (g) | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
| | BLOQUE I | | | | | BLOQUE II | | | | | BLOQUE III | | | | |
| Tratamiento | tu1 | tu2 | tu3 | tu4 | PROM | tu1 | tu2 | tu3 | tu4 | PROM | tu1 | tu2 | tu3 | tu4 | PROM |
| T1 Nitrofos K 2.0 L/ha | 21.74 | 26.05 | 17.10 | 23.26 | 22.04 | 20.12 | 19.80 | 22.14 | 17.65 | 19.93 | 18.50 | 21.81 | 21.85 | 18.96 | 20.28 |
| T2 Nitrofos K 2.5 L/ha | 22.38 | 22.40 | 21.45 | 15.73 | 20.49 | 17.90 | 12.51 | 19.60 | 15.70 | 16.43 | 16.86 | 20.30 | 17.55 | 24.50 | 19.80 |
| T3 Nitrofos K 3.0 L/ha | 21.08 | 16.90 | 26.20 | 14.02 | 19.55 | 16.69 | 25.45 | 10.02 | 13.96 | 16.53 | 14.99 | 13.12 | 22.34 | 15.20 | 16.41 |
| T4 Nitrofos K 3.5 L/ha | 16.08 | 17.25 | 21.44 | 17.02 | 17.95 | 28.09 | 21.09 | 24.38 | 22.53 | 24.02 | 15.27 | 15.30 | 16.42 | 14.54 | 15.38 |
| T5 Nitrofos K 4.0 L/ha | 21.70 | 19.45 | 19.05 | 18.05 | 19.56 | 16.21 | 27.70 | 17.19 | 17.51 | 19.65 | 12.66 | 16.54 | 13.38 | 20.30 | 15.72 |
| T6 Testigo absoluto | 16.31 | 12.80 | 19.27 | 10.61 | 14.75 | 19.69 | 13.26 | 16.15 | 18.15 | 16.81 | 22.12 | 23.86 | 21.91 | 15.22 | 20.78 |

| | Peso de mazorca (g) | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|--------|--------|
| | BLOQUE I | | | | | BLOQUE II | | | | | BLOQUE III | | | | |
| Tratamiento | tu1 | tu2 | tu3 | tu4 | PROM | tu1 | tu2 | tu3 | tu4 | PROM | tu1 | tu2 | tu3 | tu4 | PROM |
| T1 Nitrofos K 2.0 L/ha | 112.32 | 133.15 | 102.73 | 141.78 | 122.50 | 90.40 | 74.94 | 75.19 | 133.24 | 93.44 | 110.12 | 87.51 | 75.12 | 97.87 | 92.66 |
| T2 Nitrofos K 2.5 L/ha | 140.27 | 140.87 | 98.64 | 62.10 | 110.47 | 93.35 | 80.27 | 90.10 | 99.12 | 90.71 | 135.26 | 140.04 | 101.30 | 130.87 | 126.87 |
| T3 Nitrofos K 3.0 L/ha | 93.14 | 130.12 | 133.10 | 96.60 | 113.24 | 95.17 | 130.20 | 143.67 | 83.91 | 113.24 | 94.07 | 105.07 | 131.64 | 76.13 | 101.73 |
| T4 Nitrofos K 3.5 L/ha | 75.26 | 76.60 | 149.59 | 84.12 | 96.39 | 140.18 | 145.23 | 101.10 | 132.80 | 129.83 | 96.73 | 99.13 | 101.45 | 106.05 | 100.84 |
| T5 Nitrofos K 4.0 L/ha | 85.62 | 152.32 | 123.49 | 114.30 | 118.93 | 104.54 | 147.39 | 80.10 | 85.38 | 104.35 | 100.05 | 83.79 | 79.63 | 85.77 | 87.31 |
| T6 Testigo absoluto | 79.66 | 101.65 | 119.00 | 95.13 | 98.86 | 87.65 | 80.10 | 101.56 | 106.24 | 93.89 | 106.21 | 86.59 | 97.79 | 87.10 | 94.42 |

| | Rendimiento por hectárea (kg/ha) | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|--------|--------|
| | BLOQUE I | | | | | BLOQUE II | | | | | BLOQUE III | | | | |
| Tratamiento | | | | | PROM | | | | | PROM | | | | | PROM |
| T1 Nitrofos K 2.0 L/ha | 5616.0 | 6657.5 | 5136.5 | 7089.0 | 6124.8 | 4520.0 | 3747.0 | 3759.5 | 6662.0 | 4672.1 | 5506.0 | 4375.5 | 3756.0 | 4893.5 | 4632.8 |
| T2 Nitrofos K 2.5 L/ha | 7013.5 | 7043.5 | 4932.0 | 3105.0 | 5523.5 | 4667.5 | 4013.5 | 4505.0 | 4956.0 | 4535.5 | 6763.0 | 7002.0 | 5065.0 | 6543.5 | 6343.4 |
| T3 Nitrofos K 3.0 L/ha | 4657.0 | 6506.0 | 6655.0 | 4830.0 | 5662.0 | 4758.5 | 6510.0 | 7183.5 | 4195.5 | 5661.9 | 4703.5 | 5253.5 | 6582.0 | 3806.5 | 5086.4 |
| T4 Nitrofos K 3.5 L/ha | 3763.0 | 3830.0 | 7479.5 | 4206.0 | 4819.6 | 7009.0 | 7261.5 | 5055.0 | 6640.0 | 6491.4 | 4836.5 | 4956.5 | 5072.5 | 5302.5 | 5042.0 |
| T5 Nitrofos K 4.0 L/ha | 4281.0 | 7616.0 | 6174.5 | 5715.0 | 5946.6 | 5227.0 | 7369.5 | 4005.0 | 4269.0 | 5217.6 | 5002.5 | 4189.5 | 3981.5 | 4288.5 | 4365.5 |
| T6 Testigo absoluto | 3983.0 | 5082.5 | 5950.0 | 4756.5 | 4943.0 | 4382.5 | 4005.0 | 5078.0 | 5312.0 | 4694.4 | 5310.5 | 4329.5 | 4889.5 | 4355.0 | 4721.1 |

| Contenido de Antocianinas (mg/g) | | | | |
|----------------------------------|-------|--------|---------|--|
| Tratamiento | Blo I | Blo II | Blo III | |
| T1 Nitrofos K 2.0 L/ha | 13.2 | 13.1 | 13.3 | |
| T2 Nitrofos K 2.5 L/ha | 13.3 | 13.5 | 13.7 | |
| T3 Nitrofos K 3.0 L/ha | 14.3 | 14.5 | 14.8 | |
| T4 Nitrofos K 3.5 L/ha | 15.1 | 15.6 | 15.8 | |
| T5 Nitrofos K 4.0 L/ha | 16.4 | 16.2 | 15.9 | |
| T6 Testigo absoluto | 13.2 | 13.5 | 13.4 | |

Anexo 5. Panel fotográfico



Instalación de proyecto de tesis



Evaluación de tratamientos en estudio



Cosecha del cultivo



Determinación de antocianinas por espectrofotometría