

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“INFLUENCIA DE LOS ABONOS ORGÁNICOS EN EL
RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE ANTOCIANINAS DE MAÍZ
MORADO INIA 601(*Zea mays* L.) EN SHAULLO CHICO, BAÑOS
DEL INCA – CAJAMARCA”**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:

RICHAR HARLYN SALDAÑA CUBAS

Asesores:

Dr. WILFREDO POMA ROJAS

Ing. M. Sc. ALICIA MEDINA HOYOS

CAJAMARCA – PERÚ

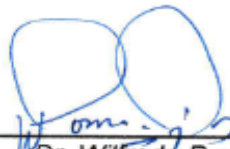
-2026-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Richar Harlyn Saldaña Cubas
DNI: 48389059
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
 2. **Asesor:**
 3. Dr. Wilfredo Poma Rojas
 4. **Facultad/Unidad UNC:** Ciencias Agrarias
 5. **Grado académico o título profesional:**
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
 6. **Tipo de Investigación:**
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:** "INFLUENCIA DE LOS ABONOS ORGÁNICOS EN EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE ANTOCIANINAS DE MAÍZ MORADO INIA 601 (*Zea mays* L.) EN SHAULLO CHICO, BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"
7. **Fecha de evaluación:** 05/03/2026
 8. **Software antiplagio:** ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
 9. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 15%
 10. **Código Documento:** oid: 3117:564200917
 11. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 15%
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 06/03/2026

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*



Dr. Wilfredo Poma Rojas
DNI: 26719942

** En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintisiete días del mes de febrero del año dos mil veintiséis, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 159-2026-FCA-UNC**, de fecha 09 de febrero del 2026, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: **"INFLUENCIA DE LOS ABONOS ORGÁNICOS EN EL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE ANTOCIANINAS DE MAÍZ MORADO INIA 601 (*Zea mays* L.) EN SHAULLO CHICO, BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA"**, realizada por el Bachiller **RICHAR HARLYN SALDAÑA CUBAS** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las doce horas y quince minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las trece horas y treinta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.


Dr. Isidro Rimarachín Cabrera
PRESIDENTE


Ing. M. Cs. José Ramiro Díaz Cumpén
SECRETARIO


Ing. José/Lizandro Silva Mego
VOCAL


Dr. Wilfredo Poma Rojas
ASESOR


Ing. M. Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos
ASESORA

DEDICATORIA

A mis padres Melqui Saldaña y Bequi Cubas por su apoyo incondicional para lograr cumplir una de mis metas trazadas, por sus consejos y palabras de aliento que me han ayudado a crecer como persona y a luchar por lo que quiero.

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceras palabras de Agradecimiento A:

Dios porque todo lo puedo en el que me fortalece.

A mi asesor de tesis: Dr. Wilfredo Poma Rojas, por brindarme el apoyo necesario y los conocimientos para poder lograr este cometido. Y también de manera muy especial a la Ing. Alicia Elizabeth Medina Hoyos, el Ing. Marcos Wilson Arce Valdez por brindarme su apoyo incondicional para poder terminar con éxito este trabajo de investigación.

A todos los docentes de la E.A.P de Agronomía por compartir sus conocimientos e ideas en la vida diaria.

Índice General

Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice General	v
Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPITULO I	13
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Formulación del problema	14
1.2. Justificación	14
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo General	16
1.3.2. Objetivos Específicos	16
1.4. Hipótesis	16
CAPITULO II	17
II. REVISIÓN DE LITERATURA	17
2.1. Antecedentes	17
2.2. Marco teórico	21
2.2.1. Origen y distribución del Maíz Morado (<i>Zea mays</i> L.)	21
2.2.2. El maíz morado en el Perú (<i>Zea mays</i> L.)	21
2.2.3. Taxonomía	22
2.2.4. Morfología de la planta de maíz morado	22
2.2.5. Uso de Semillas Certificadas	24
2.2.6. Maíz morado variedad INIA 601	24
2.2.7. Antocianinas	25
2.2.8. Abonos orgánicos	26
2.3. Definición de Términos	27
CAPITULO III	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Ubicación del experimento	29
3.2. Materiales	32
3.2.1. Material biológico:	32

3.2.2. Materiales de campo:.....	32
3.2.3. Materiales de escritorio.	32
3.2.4. Equipos	32
3.3. Metodología.	32
3.3.1. Tipo y diseño de investigación.	32
3.3.2. Diseño experimental y arreglo de tratamientos.	32
3.4. Conducción del Experimento.	33
3.5. Desarrollo experimental	34
3.5.1. Evaluación y recolección de datos en pre cosecha	34
3.5.2. Peso de campo	35
3.5.3. Obtención de muestras para contenido de antocianinas.	35
CAPITULO IV.....	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1. Rendimiento de grano seco de maíz morado ($t\ ha^{-1}$).....	36
4.2. Contenido de antocianinas en la coronta.....	38
4.3. Contenido de antocianinas en la bráctea	42
4.4. Días a la floración femenina (DFF) en maíz morado INIA - 601.	46
4.5. Días a la floración masculina (DFM) en maíz morado INIA – 601.	48
4.6. Altura de planta	50
4.7. Altura de mazorca.....	52
4.8. Número de mazorcas.....	54
4.9. Prolificidad en Maíz Morado	56
4.10. Promedio ponderado de pudrición (% de PPP).....	58
CAPITULO V	61
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1. CONCLUSIONES	61
5.2. RECOMENDACIONES	62
CAPITULO VI.....	63
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	63
APÉNDICE.....	67
ANEXOS	71

Índice de Tablas

Tabla 1. Análisis de Suelo del Campo Experimental en Estudio. -----	30
Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de grano seco de maíz morado INIA-601 (t ha ⁻¹), durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).-----	36
Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de antocianinas en la coronta de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. ----	39
Tabla 4. Prueba de Tukey para el contenido de antocianinas en la coronta de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	40
Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de antocianinas en las brácteas de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	43
Tabla 6. Prueba de Tukey para el contenido de antocianinas en las brácteas de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	43
Tabla 7. Análisis de Varianza (ANOVA) para los días a la floración femenina (DFF) de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. ----	46
Tabla 8. Análisis de Varianza (ANOVA) para los días a la floración masculina (DFM) de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. ----	48
Tabla 9. Análisis de Varianza (ANOVA) para altura de planta de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	50
Tabla 10. Altura de mazorca (cm) de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	52
Tabla 11. Número de mazorcas de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	54
Tabla 12. Análisis de Varianza (ANOVA) para la prolificidad en maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	57
Tabla 13. Análisis de Varianza (ANOVA) para el porcentaje de promedio ponderado de pudrición de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca (% de PPP) (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).-----	59
Tabla 14. Rendimiento en grano seco (t ha ⁻¹)-----	67
Tabla 15. Contenido de antocianinas en coronta. -----	67
Tabla 16. Contenido de antocianinas en coronta. -----	67
Tabla 17. Días a la floración femenina -----	68

Tabla 18. Días a la floración masculina. -----	68
Tabla 19. Altura de planta.-----	68
Tabla 20. Altura de inserción de mazorca.-----	69
Tabla 21. Promedio de N° de mazorcas por planta. -----	69
Tabla 22. Prolificidad en Maíz Morado. -----	69
Tabla 23. Porcentaje de promedio ponderado de pudrición. -----	70

Índice de Figuras

Figura 1. Componentes de las antocianinas.-----	26
Figura 2. Localización del experimento. -----	31
Figura 3. Croquis del diseño experimental.-----	33
Figura 4. Rendimiento de grano seco de maíz morado INIA-601 ($t\ ha^{-1}$), durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	37
Figura 5. Contenido de antocianinas en la coronta de Maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	40
Figura 6. Contenido de antocianinas en las brácteas de maíz morado INIA-601 ($t\ ha^{-1}$), durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.-----	44
Figura 7. Días a la floración femenina (DFF) de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	47
Figura 8. Días a la floración masculina (DFM) de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	49
Figura 9. Altura de planta (cm) de maíz morado INIA-601 de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.-----	51
Figura 10. Altura de mazorca (cm) de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	53
Figura 11. Número de mazorcas de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	55
Figura 12. Prolificidad en el maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	57
Figura 13. Porcentaje de promedio ponderado de pudrición (% de PPP) en maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. -----	59
Figura 14. Resultados del análisis de suelos del campo experimental. -----	71
Figura 15. A. Siembra de maíz morado (INIA-601) B. Abonamiento con Leonardita -----	72
Figura 16. Emergencia del Cultivo (Maiz morado INIA-601)-----	72
Figura 17. Deshierbo y Aporque del cultivo-----	73
Figura 18. Seguimiento experimental del comportamiento agronómico de la variedad INIA 601 bajo condiciones de campo.-----	73
Figura 19. Evaluación de la inflorescencia estaminal (panoja) del cultivo en fase de antesis. ---	74

Figura 20. Control fitosanitario del cultivo. -----	74
Figura 21. Evaluación de inserción de mazorca-----	75
Figura 22. Mazorcas de maíz morado (INIA-601). -----	75
Figura 23. Proceso de molienda mecánica de coronta (marlo) y brácteas (panca) de maíz morado para análisis de antocianinas. -----	76
Figura 24. Tamizado de muestras pulverizadas de maíz morado destinadas al análisis cuantitativo de contenido de antocianinas. -----	76

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de dos abonos orgánicos (Leonardita y Fertigol) en el rendimiento y contenido de antocianinas del maíz morado variedad INIA 601, en la localidad de Shaullo Chico, distrito de Los Baños del Inca, Cajamarca. El estudio se realizó bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos; T1 (100 % NPK o Testigo), T2 (100 % NPK + Fertigol 200 mL) y T3 (100 % NPK + Leonardita 30 g), y 5 repeticiones. Los resultados indicaron que la incorporación de abonos orgánicos a la fertilización base no mejoró el rendimiento de grano ($p > 0.05$), observándose una tendencia decreciente frente al testigo, el cual alcanzó el mayor rendimiento 1.58 t ha^{-1} , no obstante, si revelaron diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) para el contenido de antocianinas en coronta. Se concluye que la fertilización química por sí sola fue más eficiente para maximizar la productividad del cultivo en estas condiciones edafoclimáticas. Por el contrario, los tratamientos influyeron significativamente en la calidad química, con una respuesta dependiente del tejido evaluado. Mientras que la aplicación de Fertigol incrementó significativamente el contenido de antocianinas en la coronta $5.03 \text{ mg de C3G g}^{-1}$, en las brácteas la mayor concentración se obtuvo con la fertilización química exclusiva $5.03 \text{ mg de C3G g}^{-1}$. Esto demuestra que, si bien los abonos orgánicos no favorecen el rendimiento volumétrico, su influencia es determinante y diferenciada en la biosíntesis de pigmentos según el órgano de la planta.

Palabras clave: *Zea mays* L., INIA 601, Antocianinas, Fertigol, Leonardita, Rendimiento.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of two organic fertilizers (Leonardite and Fertigol) on the yield and anthocyanin content of purple corn variety INIA 601 in the town of Shaullo Chico, district of Los Baños del Inca, Cajamarca. The study was conducted under a completely randomized design (CRD) with three treatments: T1 (100% NPK or control), T2 (100% NPK + Fertigol 200 mL), and T3 (100% NPK + Leonardite 30 g), with five replicates. The results indicated that the incorporation of organic fertilizers into the base fertilization did not improve grain yield ($p > 0.05$), with a decreasing trend observed compared to the control, which achieved the highest yield 1.58 t ha^{-1} . However, highly significant differences ($p < 0.0001$) were revealed for anthocyanin content in the crown. It is concluded that chemical fertilization alone was more efficient in maximizing crop productivity under these soil and climatic conditions. In contrast, the treatments significantly influenced chemical quality, with a response dependent on the tissue evaluated. While the application of Fertigol significantly increased the anthocyanin content in the crown $5.03 \text{ mg of C3G g}^{-1}$, in the bracts the highest concentration was obtained with chemical fertilization alone $5.03 \text{ mg of C3G g}^{-1}$. This shows that, although organic fertilizers do not favor volumetric yield, their influence is decisive and differentiated in pigment biosynthesis depending on the plant organ.

Keywords: *Zea mays* L., INIA 601, Anthocyanins, Fertigol, Leonardite, Yield.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El maíz morado (*Zea mays* L.) variedad INIA 601, es uno de los cultivos emblemáticos del Perú reconocido por sus propiedades nutraceuticas antioxidantes y por su distintivo color púrpura que resulta de una alta concentración de antocianinas y potentes compuestos fenólicos pertenecientes a la familia de los flavonoides. Estas moléculas son altamente apreciadas en la actualidad por sus efectos antioxidantes, antiinflamatorios y su potencial para mitigar el riesgo de enfermedades crónicas, como han destacado recientes estudios (Díaz et al., 2021). Estos metabolitos secundarios han animado el creciente interés de la industria alimentaria y farmacéutica, por su potencial en la prevención de enfermedades crónicas y su aplicación como colorantes naturales de alto valor agregado (Rabanal-Atalaya y Medina-Hoyos, 2021). En este contexto, la demanda de maíz morado se ha incrementado significativamente, generando la necesidad de optimizar prácticas agronómicas que aseguren el rendimiento y la calidad bioactiva.

Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI] (2024) el área cultivada de maíz morado en el país supera las 11 000 hectáreas, siendo la sierra, donde se concentra más del 50% de la producción nacional. Sin embargo, a pesar de su creciente demanda y valor, la producción de maíz morado INIA 601 adaptada a la sierra peruana aún presentan variabilidad en los rendimientos promedio, oscilando entre 5 y 8 t ha⁻¹, evidenciando que la productividad se ve afectada por prácticas de fertilización convencionales que, si bien incrementan el rendimiento en peso, pero no optimizan la biosíntesis de compuestos secundarios como las antocianinas.

La fertilización orgánica constituye una alternativa viable y ambientalmente responsable. Abonos orgánicos como Leonardita, rica en ácidos húmicos y fúlvicos, favorecen la actividad microbiológica y absorción de nutrientes, contribuyendo a un desarrollo radicular más eficiente,

por su parte, el Fertigol, formulado como una fuente concentrada de nutrientes solubles y promotores de crecimiento, han demostrado capacidad de mejorar; la estructura del suelo, la actividad microbiana y la eficiencia en la absorción de nutrientes, resultando en una mayor resistencia a plagas y estrés (Sánchez et al., 2022). Sin embargo, aún son restringidos los estudios que evidencien su impacto en el rendimiento y concentración de antocianinas crucial para el aprovechamiento comercial de la variedad INIA 601, desarrollada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria para condiciones altoandinas, con rendimientos potenciales superiores a 10 t ha⁻¹ (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2021).

La presente investigación está orientada a determinar la influencia de los abonos orgánicos (Leonardita y Fertigol) en rendimiento y contenido de antocianinas del maíz morado INIA 601. Para ello, se utilizó un diseño experimental completamente al azar, de 3 tratamientos, con 5 repeticiones que combinan fertilización química y orgánica, permitiendo que los resultados aporten evidencia científica que oriente la adopción de prácticas sostenibles y eficientes, fortaleciendo la cadena de valor del maíz morado en la región y el posicionamiento de este cultivo en mercados nacionales e internacionales.

1.1. Formulación del problema

¿Cómo influyen los abonos orgánicos en el rendimiento y contenido de antocianinas en el maíz morado INIA 601 en Shaullo Chico, Baños del Inca – Cajamarca?

1.2. Justificación

La investigación se justifica dada la necesidad de alinear la productividad agrícola con la calidad nutracéutica y sostenibilidad ambiental en el cultivo del maíz morado (*Zea mays* L.) INIA 601, que representa un cultivo estratégico y emblemático de los Andes peruanos debido a su elevado contenido de antocianinas, pigmentos fenólicos con propiedades antioxidantes y

nutracéuticas de gran interés para la salud humana y la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (Rabanal-Atalaya y Medina-Hoyos, 2021). Cajamarca, recientemente reconocida como Capital Nacional del Maíz Morado INIA 601, congrega parte significativa de la producción nacional, fortificando la necesidad de optimizar su manejo agronómico para garantizar competitividad y sostenibilidad (Agroperú, 2025).

Asu vez, la investigación aporta evidencia sobre la interacción entre fertilización química y orgánica, en la síntesis de antocianinas, aspecto aún poco explorado en condiciones altoandinas. Siendo el maíz morado reconocido globalmente como una fuente excepcional de antocianinas, compuestos que superan en concentración y calidad a muchos otros productos. Su valor no solo radica en su color, sino en sus propiedades funcionales demostradas para la salud, convirtiéndolo en un insumo clave para las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética (Díaz et al., 2021). Técnicamente, la investigación responde a la necesidad de mejorar la productividad de pequeños productores, mediante la incorporación de abonos orgánicos convirtiéndose en un insumo de bajo costo y alta eficiencia. Actualmente, los rendimientos fluctúan entre 5 y 8 t ha⁻¹, limitando la capacidad de abastecer mercados de exportación, frente a un potencial superior a 11 t ha⁻¹ reportado por el INIA (INIA, 2021). Esta información permite establecer un tipo de fertilización que maximiza a la vez el rendimiento en peso (kg ha⁻¹) y el contenido de antocianinas (mg g⁻¹) bajo las condiciones agroecológicas de Shaullo Chico, Cajamarca, contribuyendo significativamente a la base de conocimiento agronómico del INIA 601.

Desde la perspectiva social y económica, el maíz morado constituye un pilar fundamental para la seguridad alimentaria, al aportar nutrientes y compuestos bioactivos que fortalecen la dieta de las familias y diversifican la producción agrícola. Asimismo, representa una fuente significativa

de ingresos para pequeños agricultores, quienes encuentran en su cultivo y transformación oportunidades de desarrollo económico y social (Agrofest, 2025).

Finalmente, en el ámbito ambiental responde a la urgencia de mitigar los efectos negativos del uso desmedido de agroquímicos que degradan los suelos y contaminación de ecosistemas. La aplicación de abonos orgánicos representa una alternativa agroecológica viable, dado que, restauran la fertilidad, mejoran la estructura del suelo, incrementan la actividad microbiana, reducen la erosión y aumentan la capacidad de retención de agua en el suelo, contribuyendo a sistemas agrícolas más resilientes y sostenibles (IDMA, 2023). En síntesis, la investigación es una respuesta actual a los desafíos de la producción de alimentos de alto valor, buscando la rentabilidad para el agricultor y salud para el consumidor y ambiente.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la influencia de los abonos orgánicos (Leonardita y Fertigol) en rendimiento y contenido de antocianinas del maíz morado INIA 601 en Shaullo Chico, Baños del Inca – Cajamarca.

1.3.2. Objetivos Específicos

Evaluar el rendimiento productivo del maíz morado INIA 601 con dos abonos orgánicos (Leonardita y Fertigol) en Shaullo Chico, Baños del Inca – Cajamarca.

Evaluar el contenido de antocianinas en bráctea y coronta del maíz morado INIA 601 con dos abonos orgánicos (Leonardita y Fertigol) en Shaullo Chico, Baños del Inca – Cajamarca.

1.4. Hipótesis

Los abonos orgánicos incrementan el rendimiento y contenido de antocianinas de maíz morado INIA 601 en Shaullo Chico, Baños del Inca – Cajamarca.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Moya (2024) comparó el rendimiento, y contenido de antocianina en seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) evaluadas durante tres campañas agrícolas, en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos, región Cajamarca, el estudio tuvo como objetivo identificar una variedad de maíz morado que pueda garantizar un elevado rendimiento promedio anual, así como un alto contenido de antocianinas en coronta y brácteas, elaborando un comparativo de seis variedades de maíz morado sembradas en tres campañas consecutivas. La metodología utilizada fue el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 4 repeticiones (INIA – 601, Canteño, UNC – 47, Morado mejorado, INIA – 615, PMV – 581). Llegando a concluir que no hay diferencia estadística entre las variedades INIA – 601, Morado mejorado y UNC – 47; sin embargo, presentaron disparidad, en cuanto a rendimiento promedio en las tres campañas de 3,9 t ha⁻¹, 3,7 t ha⁻¹, 3,5 t ha⁻¹. Para el contenido de antocianinas en coronta, la variedad que sobresale es UNC – 47 con 65 mg g⁻¹ y para el contenido de antocianinas en brácteas es INIA – 601 la que presenta mayor porcentaje con 17 mg g⁻¹.

Campos (2024) realizó un experimento sobre Rendimiento y Contenido de Antocianinas de Cinco Ecotipos de Maiz Morado (*Zea mays* L) en Condiciones del Distrito de Paucartambo Pasco 2022, donde el objetivo fue determinar el eco tipo que resalta más en el rendimiento y en el contenido de antocianinas, se utilizó la metodología de bloques completos al azar; para los cuales se seleccionó ecotipos a nivel nacional de maíz morado, distribuyéndolo en 5 tratamientos. Los resultados obtenidos fueron: maíz morado INIA 601 resultó con un rendimiento promedio de 1.16 TM ha⁻¹ seguido del ecotipo local con un rendimiento promedio de 1.01 TM ha⁻¹, el ecotipo INIA

615 Negro Canaan tiene un rendimiento promedio de 0.48 TM ha⁻¹, el ecotipo Negra Tomasa con un rendimiento promedio de 0.40 TM ha⁻¹ y el ecotipo Morado Caraz presentó un rendimiento promedio de 0.32 TM ha⁻¹; en cuanto al contenido de antocianinas totales (mg/100 gr) efectuados los análisis correspondientes en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de La Molina el ecotipo local obtuvo 301.6 mg, seguido del ecotipo INIA 601 con 298.4 mg, el ecotipo Morado Caraz con 288.6 mg, el ecotipo INIA 615 Negro Canaan con 280.5 mg y por último el ecotipo Negra Tomasa obtuvo 262.5 mg. Deduciendo en relación al contenido de antocianinas y rendimiento los ecotipos más resaltantes fueron el Ecotipo Local y el ecotipo INIA 601.

Quintos y Chilcon (2021) realizaron un estudio sobre el 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. Teniendo como objetivo principal determinar el efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento y calidad de maíz morado variedad INIA 601. Utilizaron un diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones y once tratamientos en arreglo factorial y comparaciones ortogonales. La prueba de Duncan para fuentes de fertilización orgánica, tuvo efecto sobre el rendimiento de maíz morado, encontrando diferencias estadísticas altamente significativas entre promedios. Llegando a concluir que, el tratamiento guano de isla alcanzó el mayor rendimiento con 3.85 t ha⁻¹ y superó estadísticamente a los demás tratamientos. Asimismo, la aplicación de abonos orgánicos a diferentes dosis, también hubo diferencias estadísticas altamente significativas entre promedios, la dosis 3.0 t ha⁻¹ obtuvo el mayor rendimiento con 3.35 t ha⁻¹, superando estadísticamente a las demás dosis. La comparación de las fuentes orgánicas y el testigo del agricultor (46 kg N) no hubo diferencias estadísticas, lo contrario fue con el testigo absoluto (sin fertilización) donde si hubo diferencias estadísticas, obteniéndose un rendimiento menor aproximadamente de 33% (2.13 t ha⁻¹). Las características que determinaron el rendimiento

fueron: longitud y diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera.

Aguilar-Hernández et al. (2019) realizaron una investigación sobre antocianinas y color en grano y olote de maíz morado peruano cultivado en Jalisco, México, el objetivo fue determinar el efecto del ambiente (temperatura) de producción de semilla en el contenido de antocianinas en grano (CATg) y olote (CATo) y su correlación en una población de maíz morado de Perú. Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar, en el que las poblaciones obtenidas de semillas procedentes de La Huerta y Tepatitlán, Jalisco se consideraron como tratamientos. Como repeticiones se consideró el número de mazorcas seleccionadas dentro de cada población, que fueron 26 y 17 mazorcas. Todas las variables se analizaron por duplicado. Llegando a concluir que El ambiente donde se incrementó la semilla tuvo efecto significativo en el contenido de antocianinas en grano y olote de la población de maíz morado analizada, con un mayor contenido en el grano incrementado en Tepatitlán, Jalisco. El olote de la población de maíz morado Kculli posee mayor contenido de antocianinas que el grano, con un perfil cromatográfico similar entre ambas estructuras, pero con diferencias en la proporción de las dos antocianinas predominantes.

Montes (2018) en su investigación evaluó la influencia del Compost y Guano de Isla en las características agronómicas y la concentración del pigmento antocianina para la producción industrial del maíz morado PMV-581. Planteándose como objetivo evaluar la concentración del pigmento antocianina para la producción industrial del maíz. El diseño experimental fue de Bloques Completamente al Azar con 4 repeticiones, 3 tratamientos haciendo un total de 12 parcelas experimentales (Los tratamientos fueron 2 tipos de abonos orgánicos: CO1: Compost con 8 000 kilos por hectárea, CO2: Guano de Isla 560 kilos de guano de isla por hectárea y un testigo sin abonamiento orgánico). Llegando a la conclusión que el tratamiento CO1: Compost a la dosis de

8000 kg ha⁻¹, para la variedad maíz morado PMV-581, influye en las características agronómicas y la concentración de antocianinas al reportar alturas de plantas después del primer abonamiento de 53.98 centímetros, altura de plantas a la madurez fisiológica con 1.89 cm. tamaño de la mazorca con 19.99 cm, diámetro de la mazorca con 4,30 cm, hileras de la mazorca con 12.65, peso de las mazorcas con 1.42 kilogramos, peso de las tuzas por área neta experimental con 0.37 kilogramos, rendimiento por hectárea con 7300 kilogramos y concentración de antocianina de 1.24 mg/2g de muestra en equivalencia de cianidina – 3 – glucósido mg/2g, asimismo, el tratamiento CO₂: Guano de Isla a la dosis de 560.00 kg ha⁻¹, para la variedad maíz morado PMV-581, influye en las características agronómicas y la concentración de antocianinas al reportar alturas de plantas después del primer abonamiento de 52.58 centímetros, altura de plantas a la madurez fisiológica con 1.84 cm. tamaño de la mazorca con 19.32 cm, diámetro de la mazorca con 4.05 cm, hileras de la mazorca con 12.28, peso de las mazorcas con 1.21 kilogramos, peso de las tuzas por área neta experimental con 0.32 kilogramos, rendimiento por hectárea con 7 000.25 kilogramos y concentración de antocianina de 0.99 mg/2g de muestra en equivalencia de cianidina – 3 – glucósido mg/2g. Finalmente se recomienda, socializar los resultados del presente experimento recomendando el uso del Compost a la dosis de 8 000.00 kg/ha , para la variedad mejorada del maíz morado PMV-581, por la influencia que ejerce sobre las características agronómicas y la concentración de los pigmentos antocianinas, asimismo, replicar el experimento empleando los mismos abonos orgánicos con las mismas dosis, bajo las mismas condiciones locales a fin de obtener resultados concluyentes, así como, realizar un comparativo de eficiencia de asimilación de enmiendas orgánicas con la variedad PMV-581, para determinar el contenido de antocianina bajo diferentes condiciones ambientales.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Origen y distribución del Maíz Morado (*Zea mays* L.)

El cultivo del maíz tuvo su origen, en América Central, especialmente en México, de donde se difundió hacia el norte hasta Canadá y hacia el sur hasta la Argentina. La evidencia más antigua de la existencia del maíz, de unos 7 000 años de antigüedad, ha sido encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacán (México) pero es posible que hubiese otros centros secundarios de origen en América (MIDAGRI, 2021).

Moya (2024) hacen mención que el origen del maíz se ubica en Mesoamérica (Guatemala y México); por otro lado, Manrique (2010) nos mencionan que el Perú cuenta con 55 razas de maíz bien diferenciadas. Entre ellas sobresale la raza Kully, de la cual se derivan las diferentes 5 variedades de maíz morado, dicha raza es antigua, dado que su origen surge desde las culturas Paracas y Nazca y otras culturas de la Costa Central del Perú, su antigüedad se estima por lo menos a 2500 a.C.

2.2.2. El maíz morado en el Perú (*Zea mays* L.)

MINAM (2018) indica que, cuando nos referimos al maíz peruano, no debemos olvidar que en el Perú existen alrededor de 52 razas de maíces y cientos de variedades derivadas de estas, a la que se pueden sumar los maíces híbridos y los maíces introducidos de otras regiones del mundo pero que han logrado adaptarse a las características edafológicas y climáticas de nuestra geografía.

El maíz peruano en general y el maíz morado en particular son cultivos autóctonos, en proceso de demostración científica, y con una antigüedad, según los microfósiles de maíz fechados por radiocarbono AMS entre 3000 y 6700 años del presente para los encontrados en la Huaca Prieta y de hasta 7200 años los encontrados en Paredones (MIDAGRI, 2021).

2.2.3. Taxonomía.

Según Linneo (1753), la taxonomía del maíz es el siguiente:

Reino	:	Plantae
Phyllum	:	Magnoliophyta
Clase	:	Angiosperma
Subclase	:	Commelinidae
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae
Subfamilia	:	Panicoideae
Tribu	:	Andropogoneae
Subtribu	:	Tripsacinae
Género	:	<i>Zea</i>
Especie	:	<i>Zea mays</i> L.

2.2.4. Morfología de la planta de maíz morado

La planta de maíz (*Zea mays*) es monoica, posee flores estaminales funcionales ubicadas en la panoja; y flores pistiladas agrupadas en las mazorcas que prosperan entre el quinto o sexto nudo, contados desde la panoja (INIA, 2020).

a) Raíz: Son de dos tipos: (i) seminales y (ii) adventicias. Las seminales nacen de la semilla en la germinación, y consiste en la radícula, que es la primera estructura seminal en romper el pericarpio, y de un número variable de raíces laterales que se forman en la base del primer entrenudo, encima del nudo escutelar. El crecimiento inicial es horizontal a la superficie del suelo para luego dirigirse hacia abajo. Este sistema de raíces es muy importante durante los primeros estados de crecimiento de la plántula, hasta que se establece plenamente el sistema de raíces adventicias permanentes. En los primeros entrenudos se forman las raíces adventicias que adoptan la forma de cono invertido. De la base de cada entrenudo se forma una especie de corona formadas por 4 a 5 raíces; su número aumenta en cada entrenudo superior hasta el séptimo u octavo entrenudo bajo la superficie del

suelo. Las coronas de raíces adventicias continúan formándose hasta los primeros entrenudos sobre la superficie del terreno proporcionando a la planta un anclaje al suelo. Se estima que, en general, el 75 % de la masa radicular se concentra hasta los primeros 120 a 150 cm de la superficie del suelo (INIA, 2020).

b) Tallo: Cumple una triple función: (i) dar soporte a la planta, (ii) transportar nutrientes y (iii) almacenar carbohidratos. El número de nudos y entrenudos que forman el tallo varía entre 20 a 30, según la variedad y el ambiente en que se desarrolla la planta. Su formación ocurre en el estado de plántula, durante las etapas tempranas. El crecimiento se produce por el alargamiento de las células de los entrenudos; por esta razón, en ambientes desfavorables este alargamiento es limitado, reduciendo el tamaño final de la planta (INIA, 2020).

c) Hojas: Se ubican de manera alterna en el tallo. Cada una posee: (i) la lámina foliar alargada y lanceolada con nervadura central y venas delgadas paralelas; (ii) vaina foliar que rodea el entrenudo; y (iii) lígula o cuello que une a la lámina y la vaina (INIA, 2020).

d) Panoja. La panoja inicia su crecimiento y posterior formación de los granos de polen al terminar la emisión de las hojas. Al emerger la panoja en su totalidad, se libera el polen, que se inicia en la parte inferior del tercio medio superior del eje principal de la panoja y continuando hacia ambos extremos. Según la variedad, una panoja produce entre 15 a 50 millones de granos de polen que son dispersados por el viento para la polinización (INIA, 2020).

e) Fruto y semilla: La mazorca crece en función de las condiciones ambientales en que se desarrolla la planta; su tamaño está en función a la densidad de plantas cultivadas: mientras más plantas existan en el campo, menor tamaño de mazorca. Dependiendo de la variedad, las hileras son entre 8 y 24. El fruto llamado cariósido o cariopse, donde el intertegumento o pared del saco embrionario se ha unido a la semilla formada, a su vez, por el pericarpio, endospermo y embrión.

El pericarpio, o cáscara, es la parte exterior del grano que protege las partes interiores; es traslucido y se constituye en el remanente del saco embrionario, por lo que es tejido maternal. En la parte superior se puede notar una especie de cicatriz que es el punto donde estuvo el estilo de la flor, o barba del choclo, mientras que en la parte basal está el pedicelo, o tallo floral. El endospermo – que representa entre 80 y 85 % del peso total del grano–, está formado por almidón (88 %) y proteínas (8 %). El embrión –que constituye el 12 % del grano– comprende el tallo embrional y la radícula. El tallo embrional está formado por hojas modificadas, que son el escutelo, y el coleóptilo; entre ellos se ubica el mesocotilo. Al germinar, sale primero la radícula y las células del mesocotilo se alargan, llevando al coleóptilo hacia la superficie del suelo (INIA, 2020).

2.2.5. Uso de Semillas Certificadas

Utilizar semilla certificada, o de plantas seleccionadas con pureza varietal, garantiza una buena producción. En la sierra del Perú se encuentran muy difundidas las variedades de maíz morado Canteño y PM-581. En los últimos años, la variedad INIA 601 desarrollada en la Estación Experimental Agraria (EEA) Baños del Inca, en Cajamarca, e INIA-615-Negro Canaán en la EEA Canaán en Ayacucho, son adecuadas para condiciones de valles interandinos de la sierra peruana (MIDAGRI, 2022).

2.2.6. Maíz morado variedad INIA 601

Se originó en 1990 en la Sub Estación Experimental de Cajabamba en el departamento de Cajamarca, se formó con 256 progenies, de las cuales 108 corresponden a la raza Caraz y 148 a la raza Negro de Parubamba, el mejoramiento genético fue realizado mediante selección recurrente de medios hermanos, en total se realizaron 6 ciclos de selección, incidiendo principalmente en el color morado intenso, precocidad, proliferación mayor a 1.5, rendimiento, buen tipo de planta y sanidad de mazorca (INIA, 2020).

Según el INIA (2020) entre sus principales características agronómicas se puede aludir las siguientes:

- Altura de planta: 2.16 m
- Altura de mazorca: 1.24 m
- Días a la floración femenina: 98
- Días a la madurez: 170
- Longitud de mazorca: 17.5 cm
- Diámetro de mazorca: 4.6 cm
- Número de hileras: 10 a 12
- Número de granos por hilera: 26
- Porcentaje de desgrane: 78 %
- Peso de 1000 semillas: 456,2 g
- Potencial de rendimiento: 6,0 t ha⁻¹
- Rendimiento en campo de agricultor: 3 t ha⁻¹

2.2.7. Antocianinas

Las antocianinas son compuestos flavonoides o grupo de pigmentos vegetales solubles en agua encontrados naturalmente en frutas y flores, los flavonoides brindan a la planta variedad de colores que pueden ir desde el rojo hasta el violeta. Además, pueden interactuar en el ser humano como agentes antiinflamatorios, antioxidantes, anticancerígenos, antidiabéticos, y antimicrobianos (De la Rosa et al., 2022).

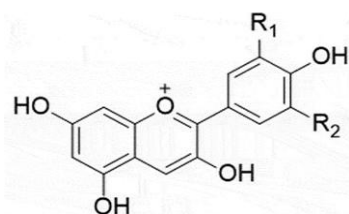
a. Estructura de las Antocianinas

La estructura básica de su núcleo original es un catión 2-fenilbenzopirano altamente conjugado. Los dos anillos de benceno están conectados por tres átomos de carbono para formar un esqueleto C6-C3-C6, que es el motivo de la antocianina. Los sustituyentes alternativos en las posiciones de carbono de los dos anillos de benceno conducen a la formación de antocianidinas

con diversas estructuras; los seis tipos más comunes son cianidina, pelargonidina, delphinidina, peonidina, petunidina y malvidina (Qi et al., 2022).

Figura 1.

Componentes de las antocianinas.



Cyanidin: $R_1=OH$, $R_2=H$
Pelargonidin: $R_1=H$, $R_2=H$
Delphinidin: $R_1=OH$, $R_2=OH$
Peonidin: $R_1=OMe$, $R_2=H$
Petunidin: $R_1=OMe$, $R_2=OH$
Malvidin: $R_1=OMe$, $R_2=OMe$

Nota: La figura muestra los componentes de las antocianinas tomada de la Revista Food Reviews International (2022).

La antocianidina libre es rara en condiciones naturales y a menudo existe en forma de glicósidos en las frutas. La antocianidina suele combinarse con una o más fracciones de glucosa, galactosa, arabinosa o ramnosa para formar antocianinas a través de enlaces glicosídicos. Además, los enlaces glucosídicos en las antocianinas también pueden formar antocianinas aciladas con un ácido orgánico de una o más moléculas a través de enlaces éster (Qi et al., 2022).

2.2.8. Abonos orgánicos

El abono orgánico es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, tienen altos contenidos de nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas según el nivel aplicado, incrementando así el contenido de materia orgánica del suelo, la capacidad de retención de humedad y el pH, también aumentan el potasio disponible, así como el calcio y el magnesio. En cuanto a las propiedades físicas, mejoran la infiltración de agua, la estructura del

suelo y la conductividad hidráulica; disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación, así como promueven un mejor estado fitosanitario de las plantas (Ramos y Terry, 2014).

a. Leonardita

La leonardita es un abono orgánico que está compuesto de ácido húmico y el fúlvico, que contienen entre el 50 a 62 % de carbono. Basados en el uso de la espectroscopia infrarroja, ambos compuestos han mostrado similitud en cuando a los grupos funcionales más importantes y tipos de enlaces presentes, así como las posiciones reales de estos (Elizarrarás-Lozano et al., 2009).

b. Fertigol

Es un fertilizante líquido, producido a través de un proceso de biofermentación anaeróbica. Este bioestimulante mejora la nutrición de las plantas, dándoles una mejor resistencia contra las enfermedades y plagas, ayuda a incrementar la producción y por ser natural los productos obtenidos son de mejor calidad y más saludables para la salud humana (COANOR s/f).

2.3. Definición de Términos

Antocianidinas: Forma básica de las antocianinas con estructura C6-C3-C6; principales tipos: cianidina, pelargonidina, delfinidina, peonidina, petunidina y malvidina.

Antocianinas: Pigmentos vegetales flavonoides solubles en agua, responsables de la coloración púrpura y con propiedades antioxidantes.

Brácteas: Hojas que envuelven la mazorca y contienen pigmentos antocianinas.

Coronta (olote): Parte central de la mazorca que sostiene los granos; rica en antocianinas.

Ecotipo: Población vegetal adaptada a condiciones específicas de un ambiente.

Fertigol: Fertilizante líquido obtenido por biofermentación anaeróbica, con efecto bioestimulante.

cariópside o cariopse: Grano seco indehisciente compuesto por pericarpio, endospermo y embrión.

Leonardita: Abono orgánico rico en ácidos húmicos y fúlvicos.

Mazorca: Inflorescencia femenina formada por granos dispuestos en hileras sobre la coronta.

Nudo y entrenudo: Segmentos del tallo donde se insertan hojas o raíces.

Panoja: Inflorescencia masculina que produce polen para la polinización.

Raíz adventicia: Raíces que se forman en entrenudos posteriores y proporcionan anclaje.

Raíz seminal: Sistema radicular inicial que surge de la semilla en la germinación.

Raza Kculli: Raza ancestral peruana base del maíz morado, con origen en culturas Paracas y Nazca.

Semilla certificada: Material con pureza varietal garantizada que asegura uniformidad y buen rendimiento.

Variedad INIA 601: Variedad de maíz morado mejorada en Cajamarca, caracterizada por color morado intenso y alto rendimiento.

Variedad mejorada: Material genético desarrollado mediante programas de mejoramiento para incrementar rendimiento y calidad.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

La investigación se desarrolló en el caserío Shaullo Chico, distrito de Los Baños del Inca, provincia y región Cajamarca - Perú. El área se sitúa a una altitud aproximada de 2,796 m s. n. m., con coordenadas UTM; 782709.91 m Este y 9206269.95 m Norte.

3.1.1. Clima

El lugar presenta un clima templado de montaña, con temperaturas medias anuales entre 12 °C y 18 °C, marcada estacionalidad de lluvias de noviembre a abril y época seca de mayo a octubre. Se caracteriza por una alta radiación solar durante el día y noches frías, propias de la sierra norte del Perú.

3.1.2. Condiciones edáficas

En cuanto a las condiciones edáficas, predominan suelos derivados de areniscas cuarzosas de la Formación Farrat, con textura de grano fino a medio y alto contenido de cuarzo, lo que influye en su capacidad de drenaje y fertilidad. La zona posee una marcada vocación agropecuaria, con cultivos de maíz, papa, hortalizas y pastos, además de la crianza de animales menores y bovinos.

Para determinar las características físicas y químicas del suelo, se realizó el análisis de suelo en el Laboratorio de Suelos del INIA. Para lo cual las muestras fueron tomadas hasta una profundidad de 15 cm de la superficie del suelo agrícola (método de suelo convencional) tratando de cubrir toda el área delimitada, posteriormente todas las muestras fueron mezcladas y cuarteadas para obtener la muestra representativa (1 kg).

El análisis del suelo (Tabla 1) revela un pH ligeramente alcalino (7.4), adecuado para la mayoría de cultivos. No obstante, el contenido de materia orgánica (1.8%) es bajo, lo que limita la

capacidad del suelo para retener nutrientes y agua, afectando negativamente su productividad. El fósforo disponible (24.7 mg/kg) se encuentra en niveles altos, mientras que el potasio (78 mg/kg) presenta una concentración baja, constituyéndose en el principal factor limitante para el desarrollo del cultivo, según la Ley del Mínimo, la cual establece que la fertilidad del suelo está determinada por el nutriente presente en menor cantidad. La conductividad eléctrica (9 mS/m) indica baja salinidad, sin restricciones para el desarrollo vegetal. Por tanto, en el caserío Shaullo Chico, se concluye que la fertilidad natural del suelo es baja, recomendándose priorizar la corrección del potasio e incrementar el contenido de materia orgánica para mejorar la fertilidad integral del sistema.

Tabla 1.

Análisis de Suelo del Campo Experimental en Estudio.

Ensayo	Unidad	LC	Resultado
pH		0.1	7.4
Materia orgánica	%	0.1	1.8
Fosforo disponible	mg/kg	0.5	24.7
Potasio disponible	mg/kg	0.5	78
Conductividad eléctrica	mS/m	1.0	9

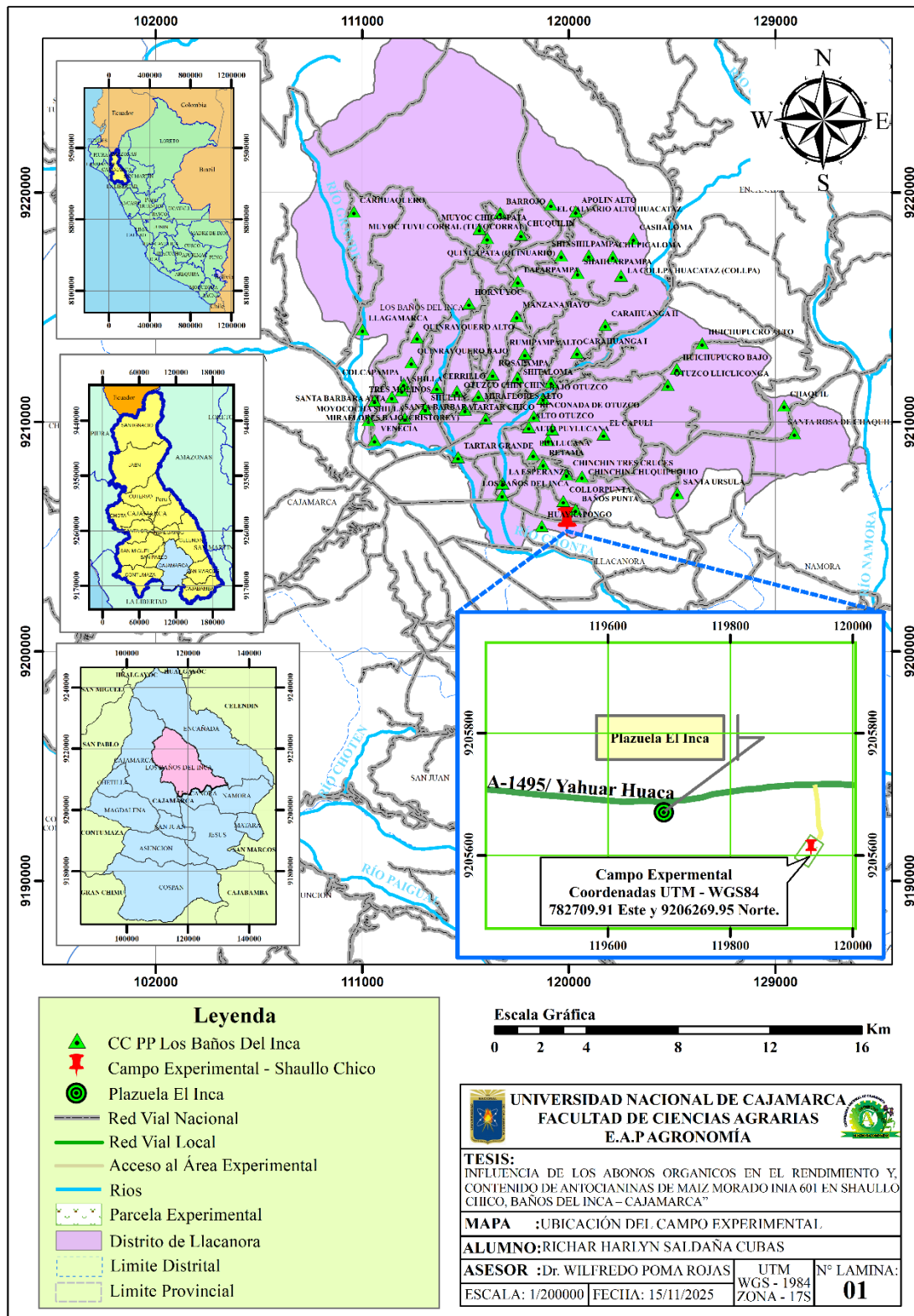
LC: Límite de Confianza

Fuente: Estación Experimental – Cajamarca INIA, 2025

La elección de Shaullo Chico como sitio experimental responde a:

- Su representatividad agroecológica dentro de la provincia de Cajamarca.
- Condiciones de altitud y clima que permiten extrapolar resultados a otros sistemas de producción de la región.
- La presencia de suelos con características particulares que requieren manejo técnico, aportando valor científico a la investigación.

Figura 2.
Localización del experimento.



3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico:

Semilla certificada de maíz morado, variedad INIA 601 y abonos orgánicos (leonardita, fertigol).

3.2.2. Materiales de campo:

Costal, Mandil

3.2.3. Materiales de escritorio.

Laptop, lapiceros, papel bond A4, cinta adhesiva, escaneados, cuchillas, tijeras.

3.2.4. Equipos

Balanza, Mochila pulverizadora, Cámara de celular, Cadena graduada.

3.3. Metodología.

3.3.1. Tipo y diseño de investigación.

La investigación es de tipo aplicada, dado que su propósito fundamental fue la generación de conocimientos orientados a mejorar la productividad y calidad del maíz morado variedad INIA 601 mediante el uso de abonos orgánicos. Bajo este enfoque, se empleó un diseño experimental puro, caracterizado por el control riguroso de las condiciones de estudio y la asignación aleatoria de tratamientos, lo que permite establecer relaciones de causalidad y garantizar la validez estadística de los resultados obtenidos.

3.3.2. Diseño experimental y arreglo de tratamientos.

Los tratamientos de esta investigación se realizaron mediante un Diseño estadístico, completamente al azar, el cual contiene 3 tratamientos por 5 repeticiones. Constituidos por 8 surcos o unidades de experimental (0.80 m entre surcos), 11 golpes por surco (0.50 m entre golpes), 3 semillas/golpe.

3.3.2.1. Factores de estudio.

Evaluación de abonos orgánicos en la producción y contenidos de antocianinas en maíz morado INIA 601.

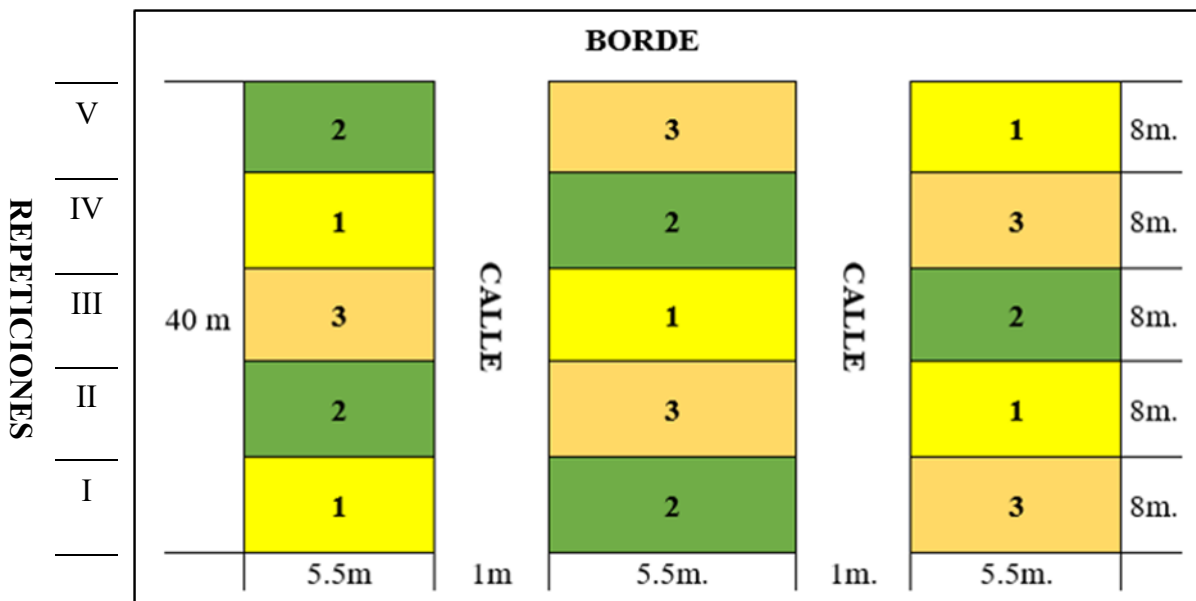
3.3.2.2. Variables

a) **Variable dependiente:** Rendimiento y contenido de antocianinas

b) **Variable independiente:** Abonos orgánicos (leonardita, fertigol)

Figura 3.

Croquis del diseño experimental.



LEYENDA	
1	100 % NPK + Leonardita desde la siembra
2	100% NPK + Fertigol a la emergencia
3	100% NPK Testigo

3.4. Conducción del Experimento.

El trabajo de investigación se realizó en los meses de enero a mayo del 2025, en la localidad de Shaullo Chico (Los Baños del Inca), donde se instaló 3 tratamientos por 5 repeticiones, con 8 surcos y/o unidades experimentales.

Previo a la siembra, se determinó la dosis de fertilización basada en el requerimiento nutricional del maíz morado variedad INIA-601 (160-60-110), correspondiente a 160 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 110 kg ha⁻¹ de K₂O. Las fuentes utilizadas fueron urea (46% N), Superfosfato Triple (46% de P₂O₅) y Cloruro de Potasio (60% K₂O). En consecuencia, para la superficie experimental de 660 m², se aplicaron 28.7 kg de urea, 8.6 kg de fosfato diamónico y 12.1 kg de cloruro de potasio.

La siembra se realizó a un distanciamiento de; 0.80 m entre surcos y 0.50m entre golpes, estableciendo 11 golpes por surco y tres semillas por golpe. Respecto a la fertilización química, la urea (21.74 g por planta) se fraccionó en dos momentos: 50% durante la siembra y el 50% restante durante el primer deshierbe. Por el contrario, la totalidad del superfosfato triple (6.52 g por planta) y del cloruro de potasio (9.17 g/planta) se suministró al momento de la siembra.

Para evaluar el rendimiento y el contenido de antocianinas, se incorporaron abonos orgánicos según el tratamiento correspondiente. La leonardita se aplicó de forma localizada al momento de la siembra, con una dosis de 30 g por planta. Por otro lado, el fertilizante líquido (Fertigol) se suministró mediante aplicaciones foliares en cuatro etapas fenológicas clave: emergencia de plántulas (10 días después de la siembra), deshierbe, aporque e inicio del llenado de mazorca, para estas aplicaciones, se empleó una dosificación de 200 mL de producto por cada pulverizadora manual (mochila) de 15 L de capacidad.

3.5. Desarrollo experimental

3.5.1. Evaluación y recolección de datos en pre cosecha

3.5.1.1. Número de plantas

Se evaluó contando la cantidad de plantas de los surcos centrales en cada unidad experimental. Este dato es importante para corregir el rendimiento de grano seco por fallas (INIA, 2014).

3.5.1.2. *Días a la floración femenina*

Se evaluó los surcos centrales de cada tratamiento, días transcurridos desde la siembra, cuando el 50 por ciento de plantas tienen floración.

3.5.1.3. *Días a la floración masculina*

Se evaluó solo los surcos centrales de cada tratamiento, días transcurridos de la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas presenten panojas desprendiendo polen.

3.5.1.4. *Altura de planta*

Se evaluó los surcos centrales, desde el cuello de la planta, hasta el nudo de la última hoja, expresado en cm. registrando la altura de 5 plantas al azar de cada unidad experimental.

3.5.1.5. *Altura de mazorca*

Se evaluó los surcos centrales, desde el nivel del suelo hasta la posición de la mazorca superior expresada en cm, registrando 5 plantas al azar de cada parcela por tratamiento.

3.5.2. *Peso de campo*

Consistió en colocar las mazorcas cosechadas de los surcos centrales de cada unidad experimental en baldes y con la ayuda de una balanza de reloj se registró el peso correspondiente de cosecha en fresco, para luego determinar el rendimiento corrigiendo el 14% de humedad.

3.5.3. *Obtención de muestras para contenido de antocianinas.*

Para el contenido de antocianinas en coronta y bráctea se determinó mediante el método de Fulekis Francis, en el laboratorio de la empresa PRONEX S.A en la ciudad de Lima.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación se presentan en tablas y gráficos interpretados estadísticamente mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) a fin de establecer las diferencias significativas entre tratamientos de cada una de las variables evaluadas, donde los tratamientos que son iguales o no significativos se denotan con (NS), quienes tienen significación con (*) y los que son altamente significativos con (**). Para la comparación de los promedios de los tratamientos se aplicó la prueba de significación de Tukey.

4.1. Rendimiento de grano seco de maíz morado ($t\ ha^{-1}$)

El análisis de varianza (Tabla 2) para el rendimiento de grano de maíz morado en $t\ ha^{-1}$ indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos (NS) dado que, se obtuvo un valor de F calculado igual a 0.11, inferior al valor crítico, y el p-valor obtenido (0.9001) superó ampliamente el nivel de significancia del 5%. Asimismo, el coeficiente de variación (CV) obtenido, de 16.57%, valor considerado moderado y aceptable para ensayos agronómicos bajo condiciones de campo, lo que respalda la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 2.

Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de grano seco de maíz morado INIA-601 ($t\ ha^{-1}$), durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca. (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).

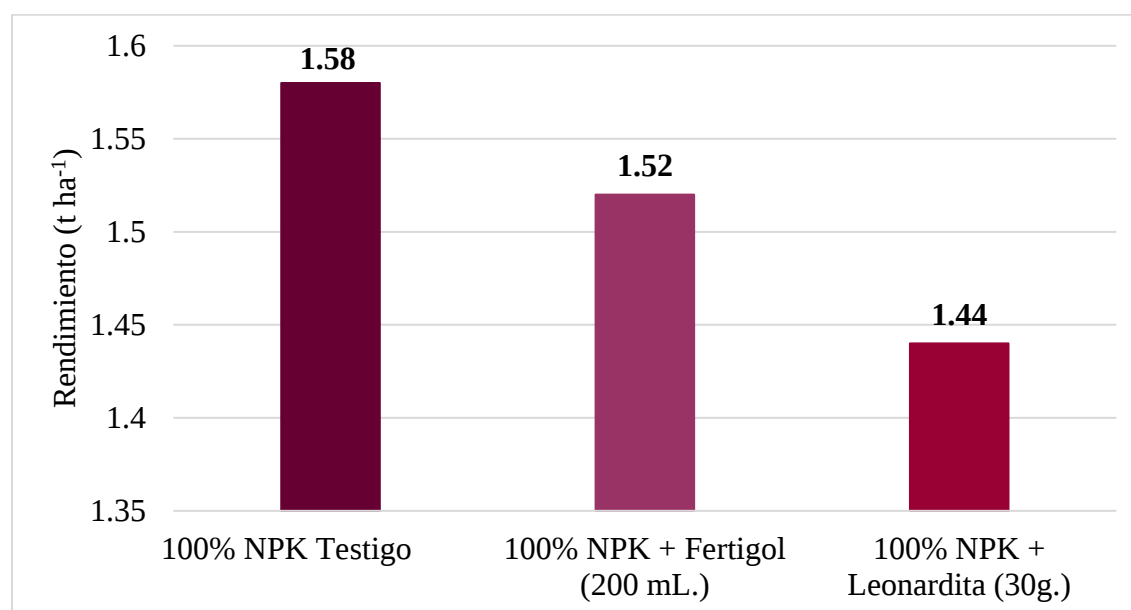
Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	2	0.05	0.02	0.11	0.9001 NS
Error	12	2.79	0.23		
Total	14	2.84			

CV: 16.57%

La figura 4, muestra una tendencia decreciente del rendimiento conforme se incorporan abonos orgánicos al esquema de fertilización química base (100 % NPK). El tratamiento testigo (100 % NPK) alcanzó el mayor rendimiento promedio (1.58 t ha^{-1}), seguido del tratamiento 100 % NPK + Fertigol (200 mL) con 1.52 t ha^{-1} , lo que representa una reducción relativa aproximada del 3.8 % respecto al testigo. Finalmente, el tratamiento 100 % NPK + Leonardita (30 g) presentó el menor rendimiento (1.44 t ha^{-1}), evidenciando una disminución cercana al 8.9 % frente al tratamiento sin enmiendas adicionales.

Figura 4.

Rendimiento de grano seco de maíz morado INIA-601 (t ha^{-1}), durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.



Los rendimientos obtenidos en el estudio para la variedad INIA 601, con valores entre 1.44 y 1.58 t ha^{-1} , se encuentran dentro del rango reportado por Campos (2024) en condiciones del distrito de Paucartambo, Pasco, quien registró un rendimiento promedio de 1.16 t ha^{-1} para esta misma variedad. Esta similitud sugiere que el rendimiento observado es consistente con el potencial productivo del INIA 601 en sistemas de manejo convencional y bajo condiciones agroecológicas similares. Por su parte, Martínez-Gutiérrez et al. (2022) han demostrado que la

respuesta del rendimiento a la aplicación de bioestimulantes foliares es variable y no siempre conduce a aumentos significativos cuando la nutrición de base es adecuada, dependiendo del ambiente y del genotipo evaluado. Sin embargo, aunque el rendimiento es inferior al promedio nacional, Medina-Hoyos et al. (2020) refieren que el rendimiento del maíz morado INIA 601 puede superar las 4 t ha⁻¹ pero también es importante tener en cuenta que un punto crucial en sus investigaciones es que no solo se mide el rendimiento por peso de grano, sino por el contenido de antocianinas en coronta (tusa) y bráctea (panca).

No obstante, los valores obtenidos en el estudio son considerablemente inferiores a los reportados por Moya (2024) que obtuvo un rendimiento de 3.5 t ha⁻¹, del mismo modo Quintos y Chilcon (2021) alcanzaron rendimientos de 3.85 t ha⁻¹, quienes también refieren que no siempre existen diferencias estadísticas entre fertilización orgánica y fertilización química, especialmente cuando el aporte de nutrientes minerales es suficiente para cubrir la demanda del cultivo. De esta manera, se explica el hecho de que el Testigo (100 % NPK) haya superado a los tratamientos suplementados con Fertigol y Leonardita bajo las condiciones del estudio, Por tanto, se afirma que la fertilización química convencional fue suficiente para maximizar el rendimiento del maíz morado INIA 601, y que la incorporación de Fertigol y Leonardita no generó beneficios productivos adicionales. En este sentido, la aplicación de los abonos orgánicos en las dosis evaluadas, no ha optimizado la absorción de nutrientes ni mejorado el rendimiento.

4.2. Contenido de antocianinas en la coronta

El análisis de varianza (Tabla 3) aplicado al contenido de antocianinas en la coronta de maíz morado evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, dado que se obtuvo un valor de F calculado fue de 1589.73 y el p-valor obtenido fue inferior a 0.0001, ubicándose por debajo del nivel de significancia del 1% ($\alpha = 0.01$). Este resultado otorga un alto

nivel de confiabilidad estadística (99%) y confirma que los tratamientos aplicados ejercen una influencia determinante sobre la concentración de antocianinas en la coronta. Asimismo, el coeficiente de variación registrado fue de 0.40%, lo que evidencia una elevada homogeneidad y consistencia de los datos, reflejando un adecuado control experimental y una respuesta genética uniforme de la variedad de maíz morado frente a los tratamientos evaluados.

Tabla 3.

Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de antocianinas en la coronta de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	2	1.09	0.55	1589.73	<0.0001 **
Error	12	4.10E-03	3.40E-04		
Total	14	1.1			

CV: 0.40%

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Tabla 4 y Figura 5) mostró diferencias estadísticamente significativas en el contenido de antocianinas de la coronta entre los tratamientos evaluados. El tratamiento 100 % NPK + Fertigol (200 mL) presentó el mayor contenido de antocianinas, con un promedio de 5.03 mg de C3G g⁻¹ situándose en el grupo A. En segundo nivel se ubicó el tratamiento 100 % NPK + Leonardita (30 g) correspondiente al Grupo B con un promedio de 4.67 mg de C3G g⁻¹, valor que, aunque superior al testigo con 100 % NPK (4.37 mg de C3G g⁻¹, Grupo C), resultó significativamente menor al alcanzado con Fertigol. Confirma que la fertilización química por sí sola no es suficiente para maximizar el potencial nutracéutico del maíz morado, siendo necesaria la incorporación de abonos orgánicas para optimizar la activación de la ruta biosintética de los flavonoides y mejorar la calidad de la coronta.

Tabla 4.

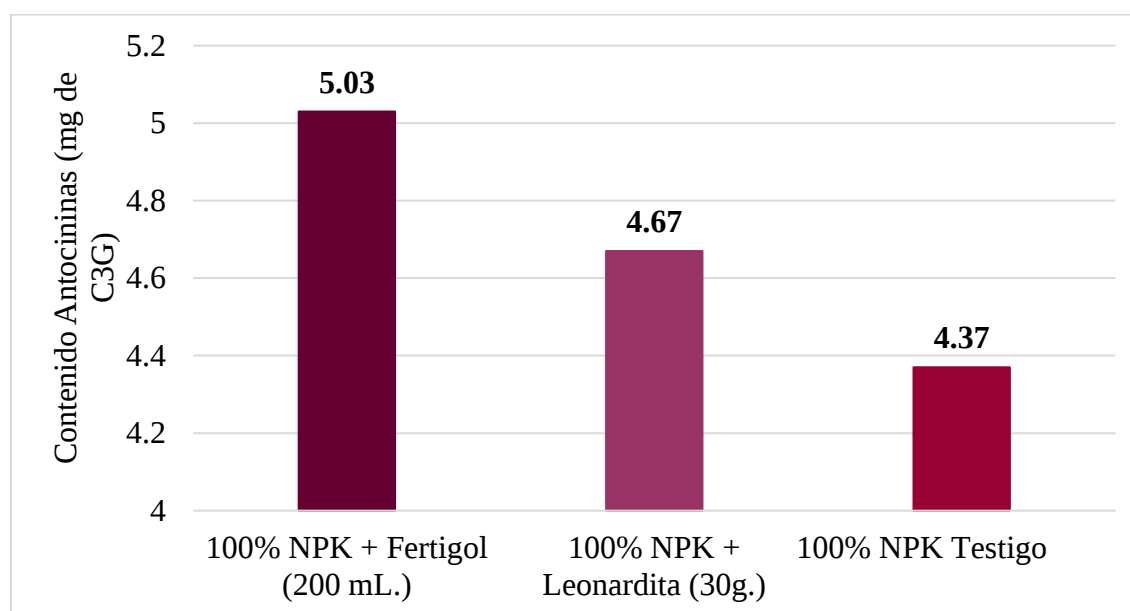
Prueba de Tukey para el contenido de antocianinas en la coronta de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.

Tratamiento	Promedio (mg de C3G g ⁻¹)	Agrupación
100% NPK + Fertigol-200 mL.	5.03	A
100% NPK + Leonardita-30 g.	4.67	B
100% NPK Testigo	4.37	C

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas; **C3G** (cianidina-3-glucósido)

Figura 5.

Contenido de antocianinas en la coronta de Maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.



Los resultados con mayor contenido de antocianinas en la coronta lo registro el tratamiento con 100 % NPK + Fertigol (200 mL) con 5.03 mg de C3G g⁻¹, acercandose a los reportados por Andrade (2022) quien obtuvo niveles de hasta 6.31 mg de C3G g⁻¹ en coronta con aplicaciones orgánicas. Asimismo, Campos (2024) reportó que el ecotipo INIA 601, presenta altos valores de antocianinas totales, ubicándose entre los materiales más equilibrados en términos de rendimiento–calidad. Por su parte Moya (2024) señala que, si bien no siempre existen diferencias estadísticas

significativas en rendimiento entre variedades, sí se observan diferencias importantes en la acumulación de antocianinas, particularmente en coronta y brácteas.

Además, Andrade (2022) indica que la suplementación con sustancias húmicas y otras enmiendas orgánicas favorece la acumulación de metabolitos secundarios, como las antocianinas, en la mazorca de maíz morado, lo cual coincide con lo expuesto por Medina-Hoyos et al. (2020) en su estudio sobre maíz morado, donde señalan que la combinación de fuentes minerales con bioestimulantes y abonos orgánicos mejora la absorción de nutrientes y se traduce no solo en mayor biomasa, sino también en una síntesis más activa de metabolitos secundarios como las antocianinas. De manera similar, Rabanal-Atalaya y Medina-Hoyos (2021) sostienen que los cultivares de maíz morado con mayor equilibrio nutricional y adaptación agronómica presentan acumulaciones significativamente elevadas de antocianinas, lo que sugiere que la interacción entre la nutrición y los factores de manejo puede optimizar rutas biosintéticas de pigmentos en tejidos como la coronta. Finalmente, Montes (2018) evidenció que el uso de abonos orgánicos incrementa la concentración de antocianinas en maíz morado, aun cuando el mayor rendimiento no siempre coincide con el mayor contenido de pigmentos.

En este contexto, la respuesta positiva del INIA 601 a la aplicación de Fertigol refuerza la aptitud para sistemas orientados a la producción de pigmentos naturales y alimentos funcionales. Por su parte, la respuesta del tratamiento 100% NPK + Leonardita (30 g) obtuvo un valor de 4.67 mg de C3G g⁻¹, según Ramírez (2021) las sustancias húmicas y fúlvicas mejoran la disponibilidad de fósforo y micronutrientes, los cuales actúan como cofactores enzimáticos en la coloración interna de la coronta, así lo corroboran Gutiérrez et al., (2015) quien revela que el uso de sustancias húmicas derivadas de la leonardita mejora la estructura del suelo y la disponibilidad de micronutrientes, lo cual favorece la acumulación de materia seca y pigmentos en la mazorca.

La superioridad de los tratamientos reforzados sobre el Testigo (100% NPK) que obtuvo el 4.67 mg de C3G g⁻¹ revelan que, la adición de abonos orgánicos, mejora significativamente el contenido de antocianinas en la coronta, resultando relevante para sistemas productivos orientados a la industria alimentaria, nutracéutica y farmacéutica. En este sentido, Medina-Hoyos et al. (2020) sostienen que, si bien una nutrición nitrogenada óptima garantiza el desarrollo vegetativo, la síntesis de antocianinas requiere de una regulación metabólica específica.

4.3. Contenido de antocianinas en la bráctea

El Análisis de Varianza (Tabla 5) aplicado al contenido de antocianinas en la bráctea de maíz morado evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, dado que se obtuvo un valor de F calculado fue de 12730.82 y el p-valor obtenido fue inferior a 0.0001, ubicándose por debajo del nivel de significancia del 1% ($\alpha = 0.01$). Este resultado otorga un alto nivel de confiabilidad estadística (99%) y confirma que los tratamientos aplicados ejercen una influencia determinante sobre la concentración de antocianinas en la bráctea. Asimismo, el Coeficiente de Variación (CV) registrado fue de 0.46 %, lo que evidencia una elevada homogeneidad y consistencia de los datos, reflejando un adecuado control experimental y una respuesta genética uniforme de la variedad de maíz morado frente a los tratamientos evaluados. Según los estándares de investigación en fisiología vegetal, un CV inferior al 1% en mediciones de metabolitos secundarios es indicativo de una excelente reproducibilidad de los resultados.

Tabla 5.

Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de antocianinas en las brácteas de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	2	8.91	4.46	12730.82	<0.0001 **
Error	12	4.20E-03	3.50E-04		
Total	14	8.92			

CV: 0.46%

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey (Tabla y Figura 6) evidenciaron que el contenido de antocianinas en las brácteas presentó un comportamiento inverso al observado en la coronta. El tratamiento testigo con 100 % NPK registró la mayor concentración de antocianinas en este tejido, alcanzando un promedio de 5.03 mg de C3G g⁻¹, ubicándose de manera solitaria en el Grupo A, seguido por el tratamiento 100 % NPK + Fertigol (200 mL) con una media de 4.08 mg de C3G g⁻¹ (Grupo B) y el tratamiento 100 % NPK + Leonardita (30 g), que presentó el valor más bajo con 3.14 mg de C3G g⁻¹ (Grupo C). Estas diferencias representan una reducción del 18.8% y 37.5% respectivamente en comparación con el testigo, confirmando que los tres esquemas de fertilización indujeron respuestas significativamente distintas en la acumulación de pigmentos en este tejido.

Tabla 6.

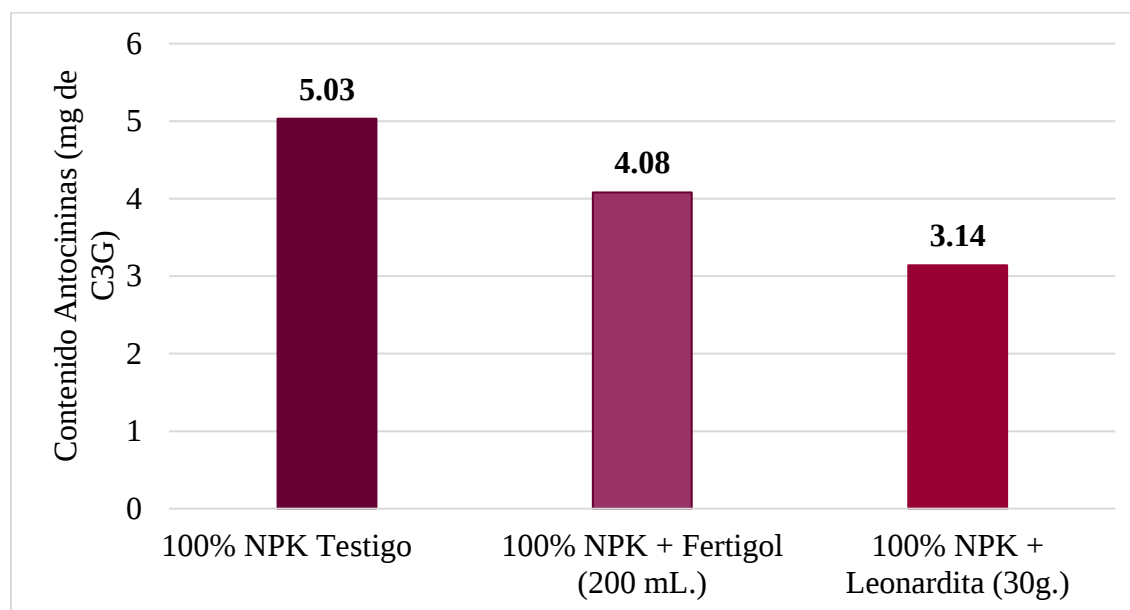
Prueba de Tukey para el contenido de antocianinas en las brácteas de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.

Tratamiento	Promedio (mg de C3G g-1)	Agrupación
100% NPK Testigo	5.03	A
100% NPK + Fertigol-200 mL.	4.08	B
100% NPK + Leonardita-30 g.	3.14	C

Nota. Letras en común no presentan diferencias significativas; **C3G** (cianidina-3-glucósido)

Figura 6.

Contenido de antocianinas en las brácteas de maíz morado INIA-601 ($t\ ha^{-1}$), durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.



Los resultados obtenidos evidencian que la respuesta del contenido de antocianinas es claramente dependiente del órgano evaluado, ya que el comportamiento observado en las brácteas difiere de manera marcada respecto al registrado en la coronta (Figura 5). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Rabanal-Atalaya y Medina-Hoyos (2021) en su estudio observaron que las antocianinas en las brácteas fueron, menores a $3\ mg\ g^{-1}$ en dos niveles altitudinales distintos, la variedad INIA 601 destacó con valores de 2.9 y $2.5\ mg\ g^{-1}$ en Llanupacha y Llollón, respectivamente. El mayor contenido de antocianinas en brácteas observado en el testigo (100 % NPK) concuerda con lo reportado por Moya (2024), quien determinó que la variedad INIA 601 presenta una elevada capacidad de acumulación de antocianinas en las brácteas, alcanzando valores superiores a los de otras variedades evaluadas, aun cuando ello no siempre se asocie con los mayores rendimientos productivos.

Diversos estudios han demostrado que la acumulación de antocianinas en el maíz morado no es homogénea y varía significativamente entre los distintos tejidos de la planta, dependiendo tanto del genotipo como de las condiciones fisiológicas y ambientales. En este sentido, Vázquez et al. (2020) reportaron diferencias marcadas en el contenido de antocianinas entre la coronta y las brácteas en diversos cultivares de maíz morado, evidenciando que estos pigmentos se distribuyen de manera diferencial entre órganos vegetativos y reproductivos. Entonces, el hecho de que el testigo presente un mayor contenido de antocianinas en la bráctea, pero menores valores en la coronta, podría estar asociado a una respuesta fisiológica al estrés nutricional. De manera complementaria, Aguilar-Hernández et al. (2019) señalan que los factores de manejo agronómico y las condiciones ambientales influyen de forma diferenciada sobre el grano, la tusa y las estructuras accesorias, confirmando que la síntesis y acumulación de antocianinas no es uniforme entre los órganos de la planta.

El mayor contenido de antocianinas en las brácteas del tratamiento testigo podría asociarse a una respuesta al estrés nutricional, mientras que la aplicación de abonos orgánicos favorece el crecimiento vegetativo y modifica la partición de metabolitos secundarios, reduciendo su concentración relativa en tejidos externos. Esto concuerda con lo señalado por Muñoz (2025), quien indica que la respuesta metabólica del cultivo frente a enmiendas orgánicas se manifiesta a través de una redistribución más eficiente de asimilados y metabolitos secundarios hacia órganos de mayor valor fisiológico y económico. En este contexto, el testigo presentó una mayor síntesis de metabolitos secundarios en las brácteas evidenciando que los abonos orgánicos no influyen en la cantidad total de pigmentos producidos en este órgano de la planta. De esta forma, la aplicación de Fertigol y Leonardita habría contribuido a la reducción del estrés oxidativo, disminuyendo la

necesidad de síntesis de pigmentos antioxidantes en tejidos expuestos, lo que se refleja en brácteas menos pigmentadas y con una coloración más verde.

4.4. Días a la floración femenina (DFF) en maíz morado INIA - 601.

El Análisis de Varianza (Tabla 7) para los días a la floración femenina (DFF) indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados dado que se obtuvo un valor de F calculado de 0.28 considerablemente bajo y un p-valor igual a 0.76 superior al nivel de significancia de 0.05. En cuanto a la precisión, el Coeficiente de Variación (CV) fue de 4.05% un valor bajo y muy aceptable para variables agronómicas de campo, y revelando que los datos son altamente confiables y que la floración ocurrió de manera sincrónica dentro de cada unidad experimental.

Tabla 7.

Análisis de Varianza (ANOVA) para los días a la floración femenina (DFF) de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.

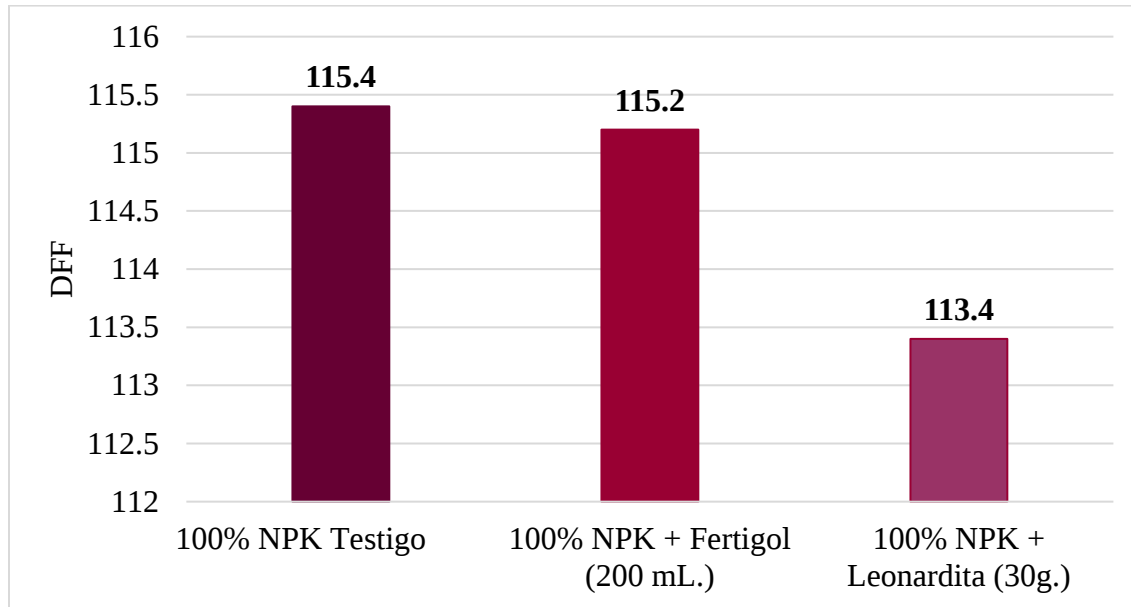
Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	2	12.13	6.07	0.28	0.76 NS
Error	12	259.2	21.6		
Total	14	271.33			

CV: 4.05%

La Figura 7, muestra evidencia que, el Testigo (100 % NPK) presentó el mayor promedio de DFF, con 115.4 días, seguido del tratamiento 100 % NPK + Fertigol (200 mL), que registró 115.2 días, mostrando una diferencia mínima de 0.2 días, considerada agronómicamente poco relevante. En contraste, el tratamiento 100 % NPK + Leonardita (30 g) alcanzó el menor valor, con 113.4 días, lo que representa una precocidad de aproximadamente 2.0 días respecto al testigo.

Figura 7.

Días a la floración femenina (DFF) de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.



El adelantamiento de la floración femenina observado con el tratamiento 100 % NPK + Leonardita (30 g) puede atribuirse a la acción de los ácidos húmicos y fúlvicos presentes en este insumo, que favorecen la absorción y eficiencia en el uso de nutrientes, así como la estimulación del crecimiento y desarrollo vegetal. Este comportamiento coincide con lo señalado por Quintos y Chilcon (2021) quienes indican que la nutrición del maíz influye directamente en la duración de las fases fenológicas, pudiendo adelantar eventos reproductivos como la floración.

Campos (2024) indica que la variedad INIA-601 presenta una fenología estable, aunque sensible al manejo agronómico. En este contexto, la reducción de los días a floración femenina (DFF) con Leonardita indica un efecto de mayor precocidad, favorable en zonas altoandinas por su exposición a riesgos climáticos. No obstante, Medina-Hoyos et al. (2020) coinciden en que los abonos orgánicos tipo humatos influyen principalmente en la absorción de nutrientes y que la floración en maíces pigmentados es una característica varietal estable, poco modificable por la

fertilización cuando no existe estrés nutricional, como ocurrió en el presente estudio. Asimismo, la ausencia de diferencias significativas asegura una polinización uniforme y una maduración sincronizada de las mazorcas, lo que sugiere que los días a la floración femenina en el maíz morado INIA 601 están determinados principalmente por factores genéticos y ambientales (fotoperiodo y temperatura), más que por la aplicación de bioestimulantes cuando la nutrición base (NPK) se encuentra cubierta. En este sentido, Valderrama (2022) indica que la fenología del maíz presenta alta heredabilidad y difícilmente es modificada por fertilización complementaria cuando los requerimientos básicos de nitrógeno están satisfechos.

4.5. Días a la floración masculina (DFM) en maíz morado INIA – 601.

El Análisis de Varianza (Tabla 8) correspondiente a los días a la floración masculina (DFM) bajo la aplicación de abonos orgánicos no evidenció diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. El valor de F calculado (0.38) fue inferior al valor crítico y el p-valor obtenido (0.6912) superó el nivel de significancia de 0.05. Asimismo, el coeficiente de variación (CV) de 5.97% se encuentra dentro de los rangos aceptables para ensayos de campo, indicando baja variabilidad experimental y respaldando la confiabilidad de los datos obtenidos.

Tabla 8.

Análisis de Varianza (ANOVA) para los días a la floración masculina (DFM) de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	2	32.93	16.47	0.38	0.6912 NS
Error	12	518.8	43.23		
Total	14	551.73			

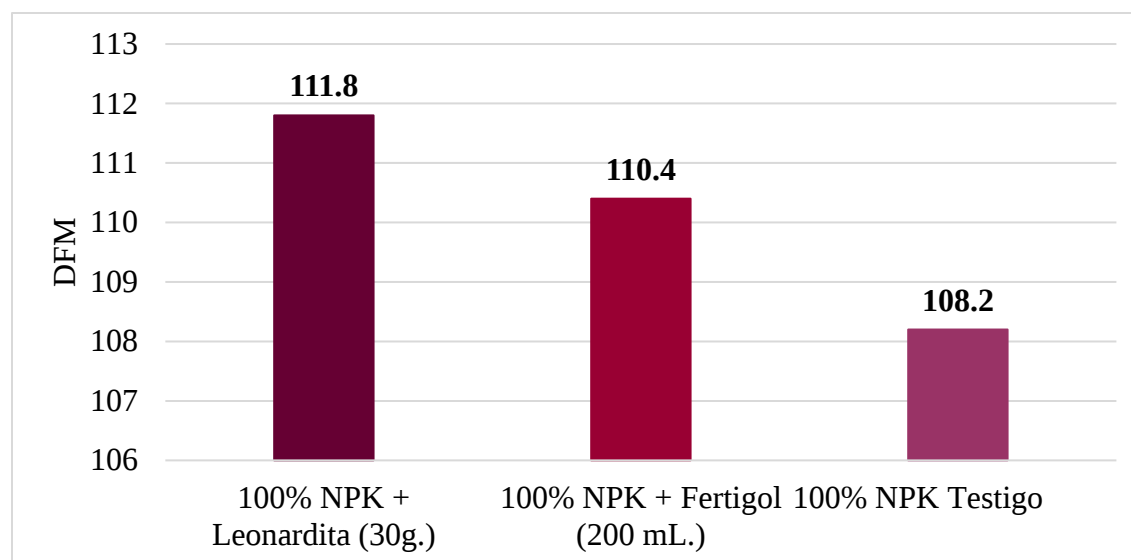
CV: 5.97%

Al observar la figura 8, se aprecia que el rango de días a la floración masculina varió ligeramente de 108.2 a 111.8 días. El tratamiento 100 % NPK + Leonardita (30 g) presentó el

mayor promedio de días a la floración, mientras que el testigo (100 % NPK) registró el menor número de días. Desde el punto de vista biológico, esto indica que se mantuvo una sincronía floral adecuada con la floración femenina (aproximadamente 3 a 5 días de diferencia), característica típica de la variedad INIA 601, la cual no fue modificada por la aplicación de bioestimulantes.

Figura 8.

Días a la floración masculina (DFM) de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.



Los resultados concuerdan con lo reportado por Campos (2024) y Moya (2024), quienes destacan que el INIA 601 mantiene una fenología estable y predecible, incluso bajo diferentes condiciones de manejo y campañas agrícolas. Esta estabilidad fenológica explica por qué, a pesar de ligeras variaciones en los días a floración masculina y femenina, el cultivo conserva su capacidad productiva y su equilibrio entre crecimiento vegetativo y reproductivo. Asimismo, Quintos y Chilcon (2021) señalan que la nutrición influye en la expresión fenológica del maíz; no obstante, sus resultados también evidencian que los cambios inducidos por fertilización orgánica o mineral no siempre son suficientes para alterar la sincronía floral, especialmente en variedades genéticamente estables como INIA 601.

En este sentido, el ligero retraso de la floración masculina con Leonardita puede interpretarse como una respuesta fisiológica moderada, sin implicancias negativas sobre el ciclo reproductivo. En este sentido, Galizia et al. (2024) El intervalo entre la floración masculina (antesis) y la femenina (silking), conocido como ASI, es un rasgo secundario útil y correlacionado con un mejor rendimiento de grano bajo estrés, y su estabilidad indica una sincronía floral adecuada en maíz. Es decir, la estabilidad de este proceso no se vio afectado por el tipo de abono, asegurando que los tratamientos no indujeron asincronía floral, lo cual es crítico en la producción de maíz morado. Estos resultados corroboran que la precocidad o el ciclo vegetativo del maíz morado está fuertemente ligado a su genética y a la acumulación de grados-día.

4.6. Altura de planta

El Análisis de Varianza (Tabla 9) aplicado a la altura de planta de maíz morado revela que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, dado que, se obtuvo un valor de F calculado de 0.11 y un p-valor de 0.9001 con un nivel de significancia del 5 %. El Coeficiente de Variación (CV) fue de 8.81 %, valor aceptable para mediciones de altura en campo y que además revela que hubo poca variabilidad, garantizando que los resultados obtenidos son confiables y representativos.

Tabla 9.

Análisis de Varianza (ANOVA) para altura de planta de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.

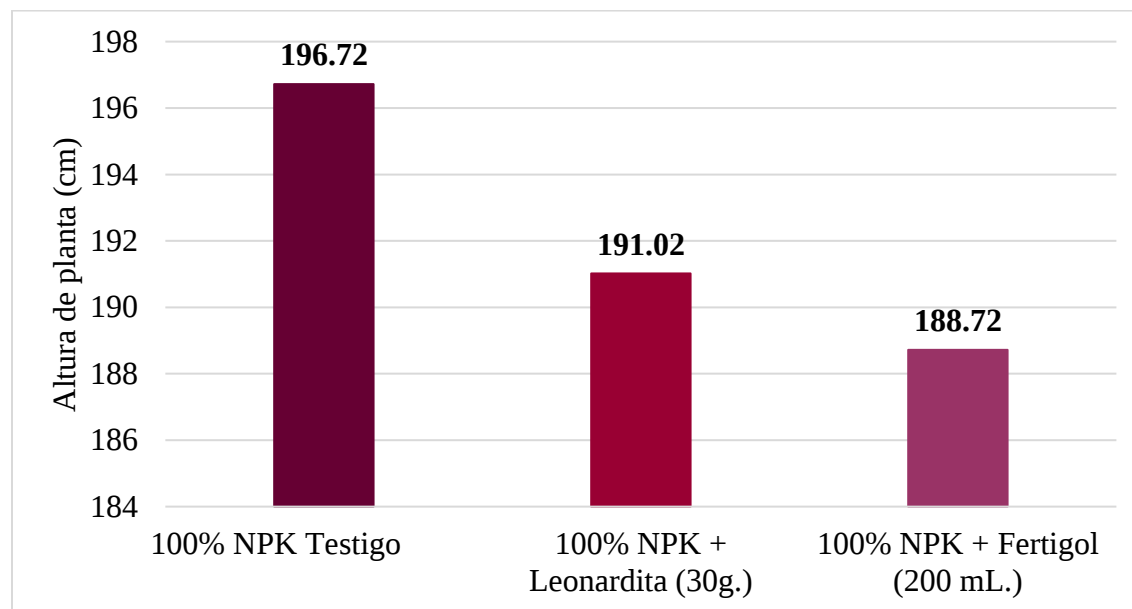
Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	2	169.63	84.82	0.30	0.7493 NS
Error	12	3442.46	286.87		
Total	14	3612.1			

CV: 8.81%

La Figura 9 muestra la altura promedio de planta (cm) de maíz morado INIA-601 bajo tres tratamientos de fertilización. El tratamiento testigo con 100 % NPK registró la mayor altura (196.72 cm), evidenciando un resultado superior respecto a los tratamientos complementados con enmiendas orgánicas. La adición de leonardita registro una altura de 191.02 cm, el tratamiento con Fertigol presentó el menor valor (188.72 cm).

Figura 9.

Altura de planta (cm) de maíz morado INIA-601 de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.



Estos resultados concuerdan con lo reportado por Quintos y Chilcon (2021), quienes señalan que la altura de planta del maíz está fuertemente influenciada por la disponibilidad inmediata de nutrientes minerales, particularmente nitrógeno, el cual estimula el crecimiento vegetativo. En este contexto, la fertilización química convencional favorece una respuesta más rápida y directa en la elongación celular, lo que se traduce en plantas de mayor altura. Asimismo, Campos (2024) y Moya (2024) destacan que la variedad INIA-601 presenta una arquitectura

vegetal estable, donde la altura de planta responde principalmente al manejo nutricional y a las condiciones edafoclimáticas, más que a la incorporación de bioestimulantes líquidos.

Los valores de altura de planta registrados en la investigación fueron de 196.72, 191.02 y 188.72 cm, resultados que concuerdan con lo reportado por Andrade (2022) que obtuvo alturas de 180 a 200 cm. Este comportamiento se sustenta en lo indicado por Quispe (2020), quien afirma que la altura de planta en el maíz morado es una característica fuertemente determinada por la genética de la variedad y dependiente, en gran medida, de la disponibilidad de nitrógeno durante las etapas iniciales del desarrollo.

4.7. Altura de mazorca

El Análisis de Varianza (Tabla 10) para la altura de inserción de la mazorca indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, dado que, se obtuvo un valor de F calculado de 0.06 y un p-valor de 0.946 con un nivel de significancia del 5%. En cuanto a la variabilidad, el Coeficiente de Variación (CV) obtenido aumentó ligeramente a 17.61%, que se mantiene dentro del límite aceptable en ensayos agrícolas de maíz, e indica una mayor heterogeneidad.

Tabla 10.

Altura de mazorca (cm) de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	2	30.29	15.14	0.06	0.946 NS
Error	12	3256.58	271.38		
Total	14	3286.87			

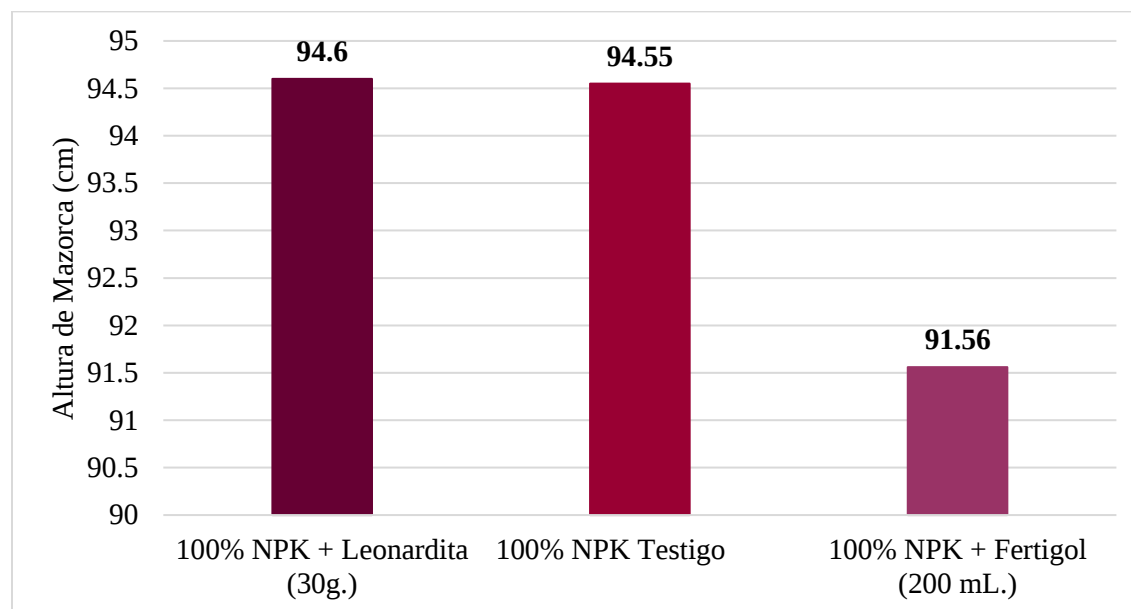
CV: 17.61%

La Figura 10, presenta la altura promedio de mazorca (cm) de maíz morado INIA-601. El tratamiento 100 % NPK + Leonardita mostró el mayor valor de altura de mazorca (94,60 cm),

seguido muy de cerca por el tratamiento testigo con 100 % NPK (94.55 cm), evidenciando diferencias mínimas entre ambos. En contraste, el tratamiento 100 % NPK + Fertigol registró la menor altura de mazorca (91.56 cm).

Figura 10.

Altura de mazorca (cm) de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.



Estos resultados concuerdan con lo reportado por Quintos y Chilcon (2021) quienes indican que, la altura de mazorca depende principalmente del crecimiento vegetativo temprano y del equilibrio nutricional, particularmente del nitrógeno disponible durante las primeras etapas del desarrollo. En este sentido, la aplicación de leonardita, en combinación con la fertilización mineral convencional, obtuvo resultados ligeramente superiores al testigo en cuanto a los niveles de altura de mazorca, mientras que la suplementación con Fertigol se asoció a una reducción en este parámetro productivo.

La altura de la mazorca es un carácter morfológico con una fuerte determinación genética. Los resultados sugieren que la adición de Leonardita podría favorecer la diferenciación de las yemas axilares que dan origen a la mazorca mientras que el Fertigol podría influir de manera

diferente en la asignación de recursos de la planta. Sin embargo, Aguirre (2022) refiere que, la altura de inserción es menos sensible a la nutrición que el tamaño o peso de la mazorca misma, siempre que los niveles de NPK sean constantes, concluyendo que factores como la densidad de siembra real o la profundidad de siembra pueden impactar más en la altura de inserción que la propia fuente de fertilizante orgánico-mineral. Asimismo, estudios realizados en cultivares de maíz morado en la región Cajamarca evidencian que variables morfológicas como la altura de inserción responden principalmente a la genética del cultivar y a las condiciones agroecológicas, más que a cambios moderados en el manejo nutricional (Rabanal-Atalaya y Medina-Hoyos, 2022).

4.8. Número de mazorcas

El Análisis de Varianza (Tabla 11) para el número de mazorcas indica que no existen significancia estadística entre los tratamientos evaluados, dado que, se obtuvo un valor de F calculado de 0.30 y un p-valor de 0.7462 con un nivel de significancia del 5%. El coeficiente de variación (CV) fue de 21.83%, considerado un valor moderado, lo cual es frecuente y aceptable en variables de conteo en campo.

Tabla 11.

Número de mazorcas de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	54.53	2	27.27	0.30	0.7462
Error	1090.8	12	90.9		
Total	1145.33	14			

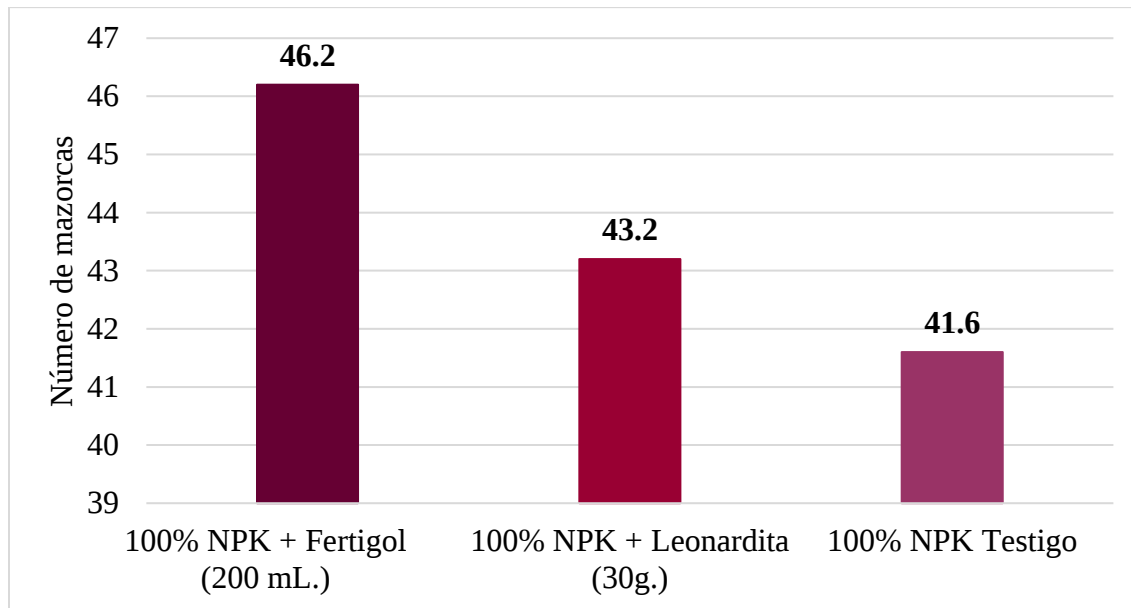
CV: 21.83%

La Figura 11, muestra el número promedio de mazorcas de maíz morado INIA-601 por parcela (8 surcos y/o unidades experimentales) bajo diferentes tratamientos de fertilización. Destacando el tratamiento 100 % NPK + Fertigol que presentó el mayor número de mazorcas

(46.2), seguido del tratamiento testigo con 100 % NPK (43.2). Por su parte, el tratamiento 100 % NPK + Leonardita registró el menor valor (41.6).

Figura 11.

Número de mazorcas de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.



Los resultados obtenidos evidencian que la suplementación de la fertilización base NPK con Fertigol favoreció la formación de mazorcas (con promedio de 46.2 mazorcas por unidad experimental), incrementando este componente de rendimiento en comparación con el manejo convencional (con promedio de 43.2 mazorcas por unidad experimental). En contraste, la adición de Leonardita no mostró diferencias relevantes en el número de mazorcas (promedio de 41.6 mazorcas por unidad experimental), comportamiento que sugiere una respuesta fisiológica diferenciada según el tipo de enmienda aplicada. Las variaciones observadas indican que Fertigol podría estar actuando como un bioestimulante, estimulando procesos fisiológicos asociados a la inducción y diferenciación reproductiva.

Esta estabilidad numérica coincide con lo expuesto por Quintos y Chilcon (2021), quienes vinculan el número de mazorcas al estado nutricional durante la diferenciación reproductiva. Sin

embargo, la limitada amplitud entre el valor máximo y mínimo refuerza la postura de Valderrama (2022) y Rabanal-Atalaya y Medina-Hoyos (2022), quienes sostienen que en la variedad INIA-601, el número de mazorcas es un componente del rendimiento condicionado mayormente por la genética y la densidad de siembra, más que por el aporte nutricional adicional.

Bajo esta premisa, la superioridad del tratamiento con Fertigol no parece radicar en la inducción de nuevas mazorcas, sino en la optimización de la eficiencia fisiológica para sostener las estructuras existentes. Como señala Cruz (2023), ante un excedente nutricional, el maíz morado tiende a estabilizar su número de órganos y canalizar los fotoasimilados hacia el peso del grano o la síntesis de antocianinas. Esto explicaría por qué, incluso en estudios con abonos orgánicos como los de Muñoz Ávila (2025), no se observan alteraciones significativas en esta variable. Finalmente, las ligeras variaciones observadas (como el menor desempeño de la Leonardita) podrían atribuirse a factores extrínsecos de manejo inicial, tales como la uniformidad en la profundidad de siembra y la emergencia de plántulas, aspectos críticos para el establecimiento del número final de espigas por unidad de superficie (Blanco-Valdés y González-Viera, 2021).

4.9. Prolificidad en Maíz Morado

El Análisis de Varianza (Tabla 12) para la prolificidad en el maíz morado indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, dado que, se obtuvo un valor de F calculado de 0.06 extremadamente bajo y un p-valor de 0.9423 con un nivel de significancia del 5%. Respecto a la variabilidad, el coeficiente de variación (CV) obtenido fue de 17.50%, lo cual refleja una dispersión moderada común en variables que miden índices reproductivos en campo, donde la competencia por luz y nutrientes entre plantas individuales puede generar variaciones en el desarrollo de las yemas axilares.

Tabla 12.

Análisis de Varianza (ANOVA) para la prolificidad en maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.

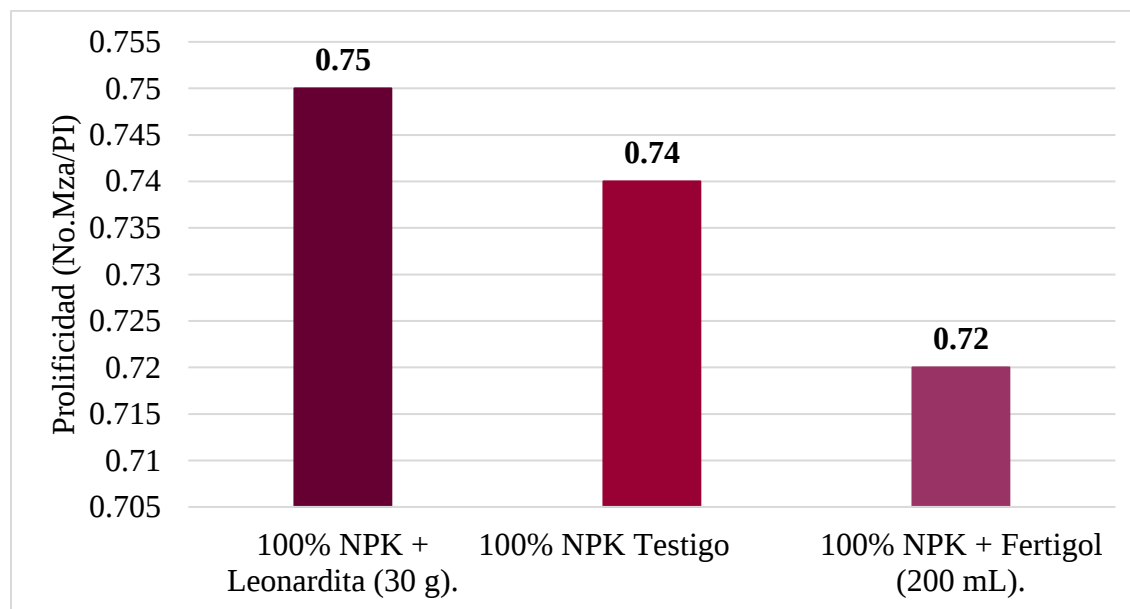
Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	2	2.00E-03	9.90E-04	0.06	0.9423 NS
Error	12	0.2	0.02		
Total	14	0.2			

CV: 17.50%

La Figura 12 presenta la prolificidad (número de mazorcas por planta) del maíz morado INIA-601 en función de los tratamientos de fertilización evaluados. El tratamiento 100 % NPK + Leonardita (30 g) registró el mayor valor de prolificidad (0.75), seguido del tratamiento testigo con 100 % NPK (0.74). En contraste, el tratamiento 100 % NPK + Fertigol (200 mL) presentó el menor índice (0.72).

Figura 12.

Prolificidad en el maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.



Estos resultados indican que La suplementación del NPK con leonardita mostró un leve efecto positivo sobre la prolificidad del cultivo, mientras que la aplicación de Fertigol se asoció

con una reducción en el número de mazorcas por planta, evidenciando respuestas fisiológicas diferenciadas. Estos resultados, aunque contrastan con estudios que reportan efectos estimulantes de los ácidos húmicos, coinciden con investigaciones en la sierra peruana que señalan que el cultivar INIA 601 presenta una arquitectura de planta principalmente determinada por su genética. Según Valderrama (2022), la prolificidad es una característica de baja plasticidad ante la fertilización complementaria si la densidad de siembra es la adecuada; los bioestimulantes suelen mejorar el llenado de la mazorca principal antes que inducir la formación de una segunda. Por su parte Quispe (2020) señala que en condiciones de buena nutrición NPK, el uso de bioestimulantes como el Fertigol tiende a concentrar los asimilados en un solo sumidero (la mazorca principal) para maximizar el tamaño y la síntesis de pigmentos, en lugar de dispersar la energía en múltiples mazorcas que podrían no alcanzar la madurez comercial.

El uso de bioestimulantes, aunque mejoró la calidad química (antocianinas), no alteró significativamente las barreras físicas de las brácteas o el grano que protegen contra la pudrición. Según Rabanal-Atalaya y Medina-Hoyos (2022), la pudrición en maíz morado está más influenciada por factores climáticos (precipitación excesiva) y daños mecánicos por insectos que por la fertilización complementaria.

4.10. Promedio ponderado de pudrición (% de PPP)

El Análisis de Varianza (Tabla 13) para el porcentaje de pudrición de mazorca indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, dado que se obtuvo un F calculado de 0.44 y un p-valor de 0.6516 a un nivel de confianza del 95%. El valor del coeficiente de variación (CV) fue de 19.74%, común en variables de sanidad vegetal en campo, ya que la distribución de inóculos y la humedad ambiental en el microclima de cada parcela

generan una variabilidad natural moderada, por lo que se considera aceptable para validar los resultados de la investigación.

Tabla 13.

Análisis de Varianza (ANOVA) para el porcentaje de promedio ponderado de pudrición de maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca (% de PPP) (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$, X: dato).

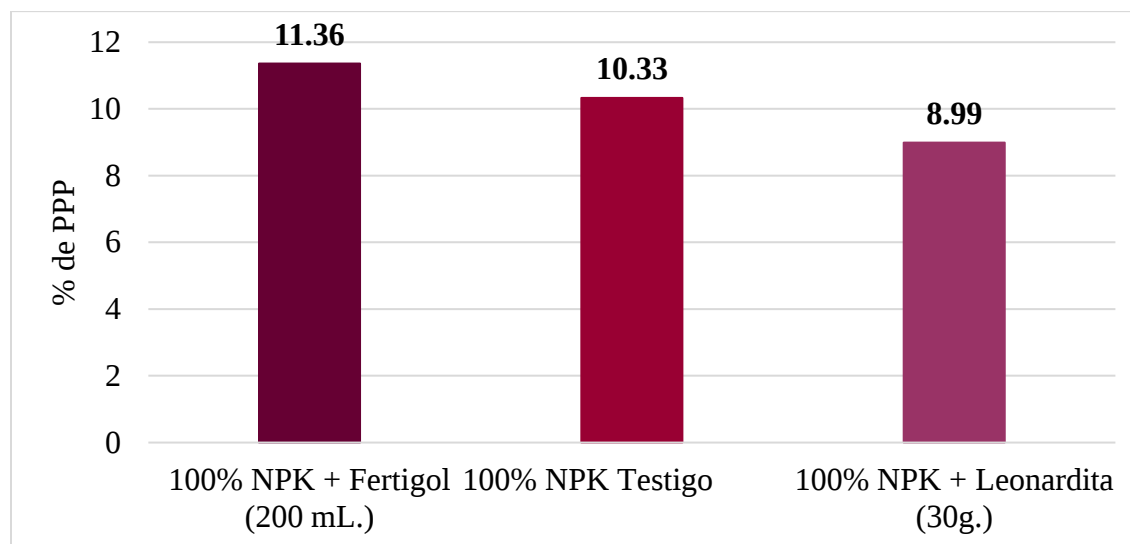
Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	2	0.34	0.17	0.44	0.6516 NS
Error	12	4.63	0.39		
Total	14	4.97			

CV: 19.74%

La Figura 13 muestra el % de PPP bajo tres tratamientos en maíz morado INIA-601. El tratamiento 100 % NPK + Fertigol (200 mL) presentó el mayor promedio (11.36), seguido del tratamiento testigo con 100 % NPK (10.33). En contraste, el tratamiento 100 % NPK + Leonardita (30 g) registró el menor valor promedio (8.99).

Figura 13.

Porcentaje de promedio ponderado de pudrición (% de PPP) en maíz morado INIA-601, durante la campaña agrícola 2025, en la localidad de Shaullo Chico – Baños del Inca.



Estos resultados evidencian que la suplementación del NPK con Fertigol incrementó el valor del parámetro analizado en comparación con el manejo convencional, lo que sugiere un efecto positivo de este bioinsumo sobre el % de PPP. Por el contrario, la adición de leonardita se asoció con una disminución del promedio respecto al testigo, indicando una respuesta menos favorable del cultivo bajo este tratamiento. Valderrama (2022) señala que la pudrición suele ser constante en tratamientos de nutrición equilibrada, manifestándose diferencias significativas solo ante deficiencias severas de potasio o excesos críticos de nitrógeno. Por su parte, Andrade (2022) señala que la calidad del maíz morado para exportación o uso industrial depende de la ausencia de daños fúngicos. los resultados demuestran que es posible aumentar el contenido de antocianinas con Fertigol sin incrementar el riesgo de enfermedades, manteniendo la inocuidad.

Finalmente, esta interpretación se alinea con estudios agronómicos que evalúan cultivares locales de maíz morado en Cajamarca, los cuales reportan la diversidad de respuestas agronómicas entre variedades y localidades, y subrayan que las condiciones climáticas y manejo de cultivo pesan fuertemente sobre variables fenotípicas del cultivo, entre ellas la incidencia de daños bióticos como Fusarium en mazorcas (Rabanal-Atalaya y Medina-Hoyos, 2022).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, bajo las condiciones de la investigación se concluye que:

La adición de los abonos orgánicos Fertigol y Leonardita al 100 % de NPK no incrementó el rendimiento del maíz INIA-601; por el contrario, se observó una tendencia decreciente en la productividad. Esto indica que la fertilización mineral por sí sola es suficiente para alcanzar el techo fisiológico de la variedad en las condiciones de Shaullo Chico.

El efecto de los abonos orgánicos varía según el órgano evaluado: el Fertigol maximizó la concentración de antocianinas en la coronta (5.03 mg de C3G g⁻¹), mientras que la fertilización química (100% NPK) fue superior en las brácteas. Esto demuestra que el aporte orgánico no afecta por igual a todos los tejidos de la planta.

La nutrición orgánica en el maíz INIA-601 en la zona de Cajamarca actúa principalmente como un modulador de la calidad (antocianinas) y no como un promotor del rendimiento. Debido a un fuerte determinismo genético, el cultivo no utiliza el excedente nutricional para generar más biomasa o alterar su ciclo, sino que lo canaliza hacia la síntesis de pigmentos, mejorando así el valor agregado del producto final.

5.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones de la investigación se recomienda:

A los productores de Shaullo Chico, Los Baños del Inca, la adopción del paquete tecnológico de 100% NPK + Fertigol (200 mL), dado que maximiza el contenido de antocianinas en la coronta, la cual es la parte de mayor valor comercial para extraer pigmentos de exportación.

Para lograr un aprovechamiento integral de la planta, se recomienda considerar la aplicación de NPK en dosis ajustadas cuando el objetivo sea recolectar las brácteas (panca), dado que este tejido presentó una respuesta superior en la pigmentación bajo condiciones de fertilización mineral estándar.

Realizar estudios complementarios que evalúen la interacción de estos abonos orgánicos con diferentes densidades de siembra, y diferentes condiciones edafoclimáticas, para elevar aún más el techo productivo del maíz morado INIA 601.

Asimismo, se recomienda llevar a cabo un análisis de costo-beneficio económico para determinar la viabilidad financiera de la aplicación de Fertigol y Leonardita a gran escala, contrastando el costo de los insumos con el sobreprecio obtenido por la mayor concentración de antocianinas y el incremento del 15% en el rendimiento de grano.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Agrofest. (2025). *Perspectivas del mercado de superfoods: Maíz Morado y Antocianinas*. Asociación de Gremios Productores Agrarios del Perú (AGAP). <https://www.agrofest.pe/>
- Agroperú. (4 de abril de 2025). *Cajamarca es declarada "Capital Nacional del Maíz Morado INIA-601"*. <https://www.agroperu.pe/cajamarca-es-declarada-capital-nacional-del-maiz-morado-inia-601/>
- Aguilar-Hernández, Á.D., Salinas-Moreno, Y., Ramírez-Díaz, J.L., Alemán-De la Torre, I., Bautista-Ramírez, E., y Flores-López, H.E. (2019). Antocianinas y color en grano y olote de maíz morado peruano cultivado en Jalisco, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(5), 1071-1082. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1828>
- Aguirre Campos, N. (2025). *Efecto de cuatro densidades de siembra de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) en características morfológicas* [Tesis de grado]. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Repositorio Institucional UNAS. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/3335>
- 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).
- Blanco-Valdés, Y., y González-Viera, D. (2021). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (Zea mays L.). *Cultivos Tropicales*, 42(3). <https://www.redalyc.org/journal/1932/193268883008/html/>
- Campos, J. L. Z. (2024). *Rendimiento y contenido de antocianinas de cinco ecotipos de maíz morado (Zea mays L.) en condiciones del distrito de Paucartambo, Pasco* [Tesis de grado]. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion. Repositorio Institucional UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4966>
- COANOR. (s.f.). *Fertilizante orgánico bioestimulante foliar*. Consorcio Agropecuario del Norte S.A.C. <https://www.coanorsac.com/fertilizanteorganico>
- Cruz, E. H. (2023). *Efecto de la materia orgánica en las propiedades físicas, químicas del suelo y el rendimiento del maíz morado (Zea mays L.) en el fundo Los Pichones Tacna - 2019*. [Tesis de Doctorado]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Repositorio Institucional UNJBG. <https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20.500.12510/3034>
- De La Rosa, X.F., Garcia, I., Hernández, J., Morales, J., y Quiroz, J. D. (2022). Antocianinas, propiedades funcionales y potenciales aplicaciones terapéuticas. *Revista Boliviana de Química*, 39(5), 155-162. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426374726001>
- Díaz-García, A., Salvá-Ruiz, B. K., Bautista-Cruz, N., y Condezo-Hoyos, L. (2021). Optimization of a natural low-calorie antioxidant tea prepared from purple corn (Zea mays L.) cobs and

- stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) [Optimización de un té antioxidante natural bajo en calorías preparado a partir de corontas de maíz morado (*Zea mays* L.) y stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.)]. *LWT - Food Science and Technology*, 150, Artículo 111952. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111952>
- Elizarrarás-Lozano, S., Serratos-Arévalo, J.C., López-Alcocer, E., y Román-Miranda, L. (2009). La aplicación de ácidos húmicos sobre características productivas de *Clitoria ternatea* L. en la región Centro- Occidente de México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 13(3), 11-16.
- Galizia, H. H., Palifermo, M., & Otegui, M. E. (2024). Mejoramiento de la tolerancia a estrés hídrico en maíz en un programa de mejoramiento público. *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 16(2). <https://www.redalyc.org/journal/7261/726180116004/html/>
- Gutiérrez, J.L., González, C., Segura, M.A., Sánchez, C., Orozco, J.A., y Fortis, M. (2015). Efecto de ácidos húmicos de Leonardita en la estabilidad de agregados del suelo y raíces de melón en condiciones de invernadero. *Phyton (Buenos Aires)*, 84(2), 298-305.
- Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente. (2023). *Manual de prácticas agroecológicas para la recuperación de suelos degradados en zonas altoandinas*. IDMA Ediciones. <https://idmaperu.org/>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2021). *Ficha técnica: Maíz Morado INIA 601. Una variedad de alta rentabilidad y contenido de antocianinas para la sierra peruana*. <https://www.gob.pe/inia>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2020). *Guía técnica: Manejo integrado del cultivo de maíz morado en la región Cajamarca*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.
- Linneo, C. (1753). *Species plantarum* (Vol. 2). Impensis Laurentii Salvii. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.669>
- Manrique, J. (2010). *El maíz en el Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Martínez-Gutiérrez, A., Zamudio-González, B., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Cardoso-Galvão, J.C., y Vázquez-Carrillo, M.G. (2022). Rendimiento de híbridos de maíz en respuesta a la fertilización foliar con bioestimulantes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(2), 289-301. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2782>
- Medina-Hoyos, A., Narro-León, L.A., Chávez-Cabrera, A. (2020). Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina. *Scientia Agropecuaria* 11(3): 291-299. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v11n3/2077-9917-agro-11-03-291.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2024). *Anuario estadístico de la producción agraria y dinámica agroindustrial 2023*. Dirección General de Estadística, Seguimiento y Evaluación de Políticas. <https://siea.midagri.gob.pe/>

- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022). *El maíz morado en el Perú: Variedades, manejo y mercado*. Dirección General de Desarrollo Agrícola y Agroecología.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). *Observatorio de commodities: Maíz amarillo duro*. Dirección de Estudios Económicos. <https://siea.midagri.gob.pe/>
- Ministerio del Ambiente. (2018). *Línea de base del maíz en el Perú con fines de bioseguridad*. Dirección General de Diversidad Biológica.
- Montes, L. (2018). *Los abonos orgánicos en la producción del pigmento antocianina del maíz morado variedad mejorada PMV-581 (Zea mays L.) en condiciones edafoclimáticas del Instituto de Investigación frutícola y olerícola - 2017* [Tesis de grado]. Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco. Repositorio Institucional UNHEVAL. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/3974>
- Moya, V. M. (2024). *Comparativo del rendimiento, y contenido de antocianina en seis variedades de maíz morado (Zea mays L.) evaluadas durante tres campañas agrícolas, en el Distrito de Ichocán, Provincia de San Marcos, Región Cajamarca* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Cajamarca. Repositorio Institucional UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7073>
- Muñoz, V. (2025). *Efecto del compost y guano de isla en rendimiento del maíz morado (Zea mays L.), en Maynay, Huanta*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional Autónoma de Huanta. Repositorio Institucional UNAH. <https://repositorio.unah.edu.pe/items/ee9c0a88-974f-49da-bd06-28b535cfc048>
- Qi, Q., Chu, M., Yu, X., Xie, Y., Li, Y., Du, Y., Yan, N. (2022). Antocianinas y proantocianidinas: estructuras químicas, fuentes de alimentos, bioactividades y desarrollo de productos. *Food Reviews International*, 39 (7), 4581–4609. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2029479>.
- Quintos, I. y Chilcon, W. (2021). *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*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Repositorio Institucional UNPRG. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/12962?show=full>.
- Quispe, J. A. (2020). *Parámetros genéticos y respuesta a la selección en un compuesto de maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho*. [Tesis doctoral]. Universidad Nacional Federico Villarreal. Repositorio Institucional UNFV <https://hdl.handle.net/20.500.13084/3993>
- Rabanal-Atalaya, M., y Medina-Hoyos, A. (2022). Cultivares de maíz morado de alto rendimiento y contenido de antocianinas en la región Cajamarca, Perú. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(3), 381-392. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2850>

- Rabanal-Atalaya, M. y Medina-Hoyos, A. (2021). Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *Terra Latinoamericana*, 39. 1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>
- Ramos, D. y Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.
- Ramírez, K. (2021). Uso de Leonardita como enmienda orgánica para mejorar la calidad del pericarpio y coronta en variedades de maíz pigmentado. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 780-795.
- Sánchez, J. P. (2022). *Evaluación de la leonardita y fuentes solubles en el rendimiento y calidad del maíz morado variedad INIA 601 en condiciones altoandinas* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Cajamarca. Repositorio Institucional UNC.
- Vásquez, V., Piña, P. C., Medina, A. E., Cabrera, H. A., Seminario, A., Jiménez, L. A., y Seminario, J. F. (2020). *Contenido de antocianinas en coronta y brácteas de seis cultivares de maíz morado (Zea mays L.) del Perú*. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/f79e5fd5-3faa-43a7-b536-cb575f085a6c>
- Valderrama, H. (2022). Variabilidad genética y precisión experimental en ensayos de rendimiento de maíz morado en la sierra central del Perú. *Revista Peruana de Agronomía*, 15(4), 112-124.

APÉNDICE

Tabla 14.

Rendimiento en grano seco ($t\ ha^{-1}$)

Repetición	Tratamiento		
	100% NPK + Leonardita-30 g	100% NPK + FERTIGOL-200 mL.	100% NPK TESTIGO
I	1.3	1.9	1.8
II	1.5	1.7	1.7
III	1.7	2.1	2.2
IV	1.0	1.1	1.5
V	1.7	0.8	0.7
Promedio	1.44	1.52	1.58

Tabla 15.

Contenido de antocianinas en coronta.

Repetición	Tratamiento		
	100% NPK + Leonardita-30 g	100% NPK + FERTIGOL- 200 mL.	100% NPK TESTIGO
I	4.67	5.03	4.37
II	4.66	5.01	4.35
III	4.63	5.04	4.35
IV	4.70	5.02	4.38
V	4.68	5.03	4.38
Promedio	4.67	5.03	4.37

Tabla 16.

Contenido de antocianinas en coronta.

Repetición	Tratamiento		
	100% NPK + Leonardita-30 g	100% NPK + FERTIGOL- 200 mL.	100% NPK TESTIGO
I	3.14	4.08	5.01
II	3.18	4.07	5.02
III	3.12	4.09	5.03
IV	3.13	4.06	5.07
V	3.15	4.08	5.03
Promedio	3.14	4.08	5.03

Tabla 17.*Días a la floración femenina*

Repetición	Tratamiento		
	100% NPK + Leonardita-30 g	100% NPK + FERTIGOL-200 mL.	100% NPK TESTIGO
I	120	114	119
II	115	117	116
III	116	113	111
IV	102	118	119
V	114	114	112
Promedio	113.40	115.20	115.40

Tabla 18.*Días a la floración masculina.*

Repetición	Tratamiento		
	100% NPK + Leonardita-30 g	100% NPK + FERTIGOL-200 mL.	100% NPK TESTIGO
I	109	111	109
II	108	105	103
III	112	110	98
IV	109	106	112
V	121	120	119
Promedio	111.80	110.40	108.20

Tabla 19.*Altura de planta.*

Repetición	Tratamiento		
	100% NPK + Leonardita-30 g	100% NPK + FERTIGOL-200 mL.	100% NPK TESTIGO
I	202	166	174
II	202	202	209
III	203	208	219
IV	173	184	180
V	176	184	202
Promedio	191.20	188.80	196.80

Tabla 20.*Altura de inserción de mazorca.*

Repetición	Tratamiento		
	100% NPK + Leonardita-30 g	100% NPK + FERTIGOL-200 mL.	100% NPK TESTIGO
I	107	80	53
II	92	101	97
III	108	92	113
IV	84	85	103
V	82	100	107
Promedio	94.60	91.60	94.60

Tabla 21.*Promedio de N° de mazorcas por planta.*

Repetición	Tratamiento		
	100% NPK + Leonardita-30 g	100% NPK + FERTIGOL- 200 mL.	100% NPK TESTIGO
I	33	55	41
II	36	52	45
III	53	53	55
IV	39	40	47
V	47	31	28
Promedio	41.60	46.20	43.20

Tabla 22.*Prolificidad en Maíz Morado.*

Repetición	Tratamiento		
	100% NPK + Leonardita-30 g	100% NPK + FERTIGOL-200 mL.	100% NPK TESTIGO
I	0.73	0.87	0.65
II	0.86	0.83	0.71
III	0.75	0.80	0.86
IV	0.70	0.57	0.90
V	0.70	0.53	0.56
Promedio	0.75	0.72	0.74

Tabla 23.*Porcentaje de promedio ponderado de pudrición.*

Repetición	Tratamiento		
	100% NPK + Leonardita-30 g	100% NPK + FERTIGOL-200 mL.	100% NPK TESTIGO
I	6.98	7.48	6.33
II	11.96	10.57	6.46
III	4.74	12.93	11.36
IV	9.94	17.49	9.16
V	11.34	8.31	18.32
Promedio	8.99	11.36	10.33

ANEXOS

Figura 14.

Resultados del análisis de suelos del campo experimental.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200**



INFORME DE ENSAYO

N° 08600-23/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : PROGRAMA NACIONAL DE MAIZ
 Propietario / Productor : PROGRAMA NACIONAL DE MAIZ
 Dirección del cliente : JR. WIRACocha S/N - BAÑOS DEL INCA
 Solicitado por : Cliente
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 01 muestras
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : SHAULLO CHICO / BAÑOS DEL INCA / CAJAMARCA / CAJAMARCA
 Fecha(s) de muestreo : 15/01/2025
 Fecha de recepción de muestra(s) : 16/01/2025
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare - LABSAF Baños del Inca
 Fecha(s) de análisis : 21/01/2025
 Cotización del servicio : 384-23-BI
 Fecha de emisión : 24/01/2025

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU1496-BI-23					
Matriz Analizada	Suelo					
Fecha de Muestreo	15/01/2025					
Hora de Inicio de Muestreo (h)	11:00					
Condición de la muestra	Conservada					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	30cm					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	7,4			
Acidez intercambiable (**)	(Cmol/Kg)	--	--			
Aluminio (**)	(Cmol/Kg)	--	--			
Carbonatos(**)	%	--	1,5			
Materia Orgánica	%	0,1	1,8			
Fósforo disponible (**)	mg/kg	0,5	24,7			
Potasio disponible (**)	mg/kg	0,5	78			
Conductividad Eléctrica	mS/m	0,1	9,0			



Firmado digitalmente por:
 FLORIAN ALCANTARA
 Amarante Nicolas FAU 20131365994
 soft
 Motivo: Por encargo
 Fecha: 24/01/2025 10:51:46-0500

Figura 15.

A. Siembra de maíz morado (INIA-601) B. Abonamiento con Leonardita



Figura 16.

Emergencia del Cultivo (Maiz morado INIA-601)



Figura 17.
Deshierbo y Aporque del cultivo



Figura 18.
Seguimiento experimental del comportamiento agronómico de la variedad INIA 601 bajo condiciones de campo.



Figura 19.

Evaluación de la inflorescencia estaminal (panoja) del cultivo en fase de antesis.



Figura 20.

Control fitosanitario del cultivo.



Figura 21.

Evaluación de inserción de mazorca



Figura 22.

Mazorcas de maíz morado (INIA-601).



Figura 23.

Proceso de molienda mecánica de coronta (marlo) y brácteas (panca) de maíz morado para análisis de antocianinas.



Figura 24.

Tamizado de muestras pulverizadas de maíz morado destinadas al análisis cuantitativo de contenido de antocianinas.

