

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional de Agronomía



T E S I S

**“DETERMINACIÓN DE LA MEJOR DOSIS DE FERTIABONO EN LA
PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)
EN EL DISTRITO DE MAGDALENA – CAJAMARCA, 2023”**

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentada por el Bachiller:
LUIS ALFREDO PISCO ALVAREZ**

**Asesor:
Dr. GLICERIO EDUARDO TORRES CARRANZA**

CAJAMARCA – PERÚ

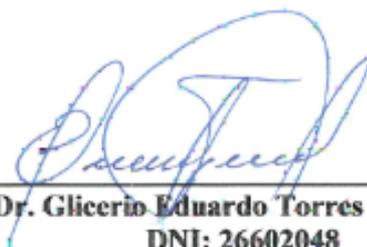
2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Luis Alfredo Pisco Alvarez
2. **DNI:** 46754845
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
3. **Asesor:**
Dr. Glicerio Eduardo Torres Carranza
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
7. **Título de Trabajo de Investigación:** "DETERMINACIÓN DE LA MEJOR DOSIS DE FERTIABONO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) EN EL DISTRITO DE MAGDALENA – CAJAMARCA, 2023"
8. **Fecha de evaluación:** 22/09/2025
9. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (**)
10. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 24%
11. **Código Documento:** oid:3117:501965458
12. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 24%
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 24/09/2025

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*



Dr. Glicerio Eduardo Torres Carranza
DNI: 26602048

* 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 quince días del mes de setiembre del año dos mil veinticinco, 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° 465-2025-FCA-UNC**, de fecha **15 de agosto del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "**DETERMINACIÓN DE LA MEJOR DOSIS DE FERTIABONO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) EN EL DISTRITO DE MAGDALENA - CAJAMARCA, 2023**", realizada por el Bachiller **LUIS ALFREDO PISCO ALVAREZ** 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 quince (15); 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 doce minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Attilio Israel Cadenillas Martinez
SECRETARIO

MBA. Ing. Santiago Demetrio Medina Miranda
VOCAL

Dr. Glicerio Eduardo Torres Carranza
ASESOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico principalmente a Dios, por brindarme la inspiración y darme la fortaleza necesaria para continuar en el proceso de lograr uno de los anhelos más deseados.

A mis padres y mis hermanos, quienes han sido los pilares fundamentales para seguir adelante, ya que su apoyo moral hizo que logre uno de mis objetivos trazados.

EL AUTOR.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento:

A Dios quien me brindo las fuerzas necesarias para seguir adelante durante todo este tiempo que se desarrolló este trabajo de investigación.

A mi asesor el Dr. Eduardo Torres Carranza, por el tiempo y paciencia que me brindo para guiarme y por su aporte de su amplio conocimiento para mejorar este trabajo y lograr una buena investigación, por sus recomendaciones y sugerencias.

A la universidad nacional de Cajamarca por acogerme durante mi formación profesional y el tiempo que permanecí.

EL AUTOR.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.1.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
CAPÍTULO II	4
REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. <i>Generalidades del maíz morado.</i>	8
2.2.2. <i>Origen y distribución.</i>	8
2.2.3. <i>Taxonomía.</i>	8
2.2.4. <i>Morfología de la planta.</i>	9
2.2.5. <i>Varietades de maíz morado.</i>	10
2.2.6. <i>Condiciones edafoclimáticas.</i>	11
2.2.7. <i>Fases fenológicas o desarrollo del maíz.</i>	13
2.2.8. <i>Producción de maíz morado en el Perú.</i>	15
2.2.9. <i>Fertilización química y orgánica.</i>	17
2.3. Definición de términos	19
CAPÍTULO III.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Ubicación.....	21
3.2. Materiales	22
3.2.1. <i>Material vegetal</i>	22
3.2.2. <i>Insumos</i>	22

3.2.3. Equipos.....	23
3.2.4. Herramientas.....	23
3.2.5. Otros materiales experimentales.....	23
3.3. Metodología.....	23
3.3.1. Variables	23
3.3.2. Diseño experimental, arreglos de los tratamientos.....	23
3.3.3. Procedimientos.....	25
3.3.4. Evaluaciones	28
CAPÍTULO IV.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Análisis para la longitud de mazorca.....	30
4.2. Análisis para el diámetro de mazorcas (cm).....	32
4.3. Análisis para el peso de mazorcas (g).	35
4.4. Análisis para el peso de grano por mazorca (g).....	37
4.5. Análisis para el rendimiento de grano por hectárea (kg).....	40
CAPÍTULO V.....	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
5.1. Conclusiones.....	43
5.2. Recomendaciones	43
BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXOS	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Producción de maíz morado (toneladas).....	15
Tabla 2 Tratamientos en estudio.	24
Tabla 3 Resultado del Análisis del suelo.	25
Tabla 4 Formula de abonamiento según resultados de laboratorio.	26
Tabla 5 Datos del análisis de abono humus de lombriz.	26
Tabla 6 Análisis de varianza para la longitud de mazorca.	30
Tabla 7 Prueba de Tukey para la longitud de mazorca por efecto de los tratamientos.	31
Tabla 8 Análisis de varianza para el diámetro de mazorcas.	33
Tabla 9 Prueba de Tukey para el diámetro de mazorcas por efecto de los tratamientos.	34
Tabla 10 Análisis de varianza para el peso de mazorcas.	35
Tabla 11 Prueba de Tukey para el peso de mazorcas por efecto de los tratamientos.	36
Tabla 12 Análisis de varianza para el peso de grano por mazorca.	38
Tabla 13 Prueba de Tukey para el peso de grano por mazorca por efecto de los tratamientos.	39
Tabla 14 Análisis de varianza para el rendimiento de grano por hectárea.	40
Tabla 15 Prueba de Tukey para el rendimiento de grano por hectáreas por efecto de los tratamientos.	41
Tabla 16 Resultados de longitud de mazorca (cm).	49
Tabla 17 Resultados de diámetro de mazorcas (cm).	49
Tabla 18 Resultados de peso de mazorcas (g)	49
Tabla 19 Rendimiento de peso de grano por mazorca (g).	49
Tabla 20 Resultados del rendimiento de grano por hectárea (kg).	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del experimento.....	21
Figura 2 Distribución de bloques y tratamientos en el campo experimental.	25
Figura 3 Longitud de mazorca por efecto de los tratamientos.	31
Figura 4 Diámetro de mazorcas por efecto de los tratamientos.	34
Figura 5 Peso de mazorcas por efecto de los tratamientos.	37
Figura 6 Peso de grano por mazorca por efecto de los tratamientos.....	39
Figura 7 Rendimiento de grano por hectárea por efecto de los tratamientos.....	42
Figura 8 Resultados del análisis de suelo.	50
Figura 9 Formula de abonamiento según resultados de laboratorio.	51
Figura 10 Resultados del análisis de humus de lombriz.	51
Figura 11 Preparación del terreno.....	52
Figura 12 Surcado.....	52
Figura 13 Fertilizantes químicos Urea, cloruro de potasio y super fosfato triple.	52
Figura 14 Mezcla de abono orgánico y fertilizantes en porcentaje.....	53
Figura 15 Siembra.....	53
Figura 16 Riegos del cultivo de maíz.	53
Figura 17 Aporque del cultivo.	54
Figura 18 Vista de la parcela experimental.....	54
Figura 19 Cosecha de maíz morado.....	54
Figura 20 Evaluación de rendimiento de maíz morado.	55

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en el distrito de Magdalena, Cajamarca, con el objetivo de determinar el efecto de diferentes dosis de fertiabono en la productividad del cultivo de maíz morado INIA 601 (*Zea mays* L.). El experimento se realizó en un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres repeticiones. Se aplicaron cinco tratamientos: 100 % humus (T1), 115N⁺ 80P₂O₅ 150K₂O combinado con humus al 25 % (T2), 115N⁺ 80P₂O₅ 150K₂O combinado con humus al 50 % (T3) y 115N⁺ 80P₂O₅ 150K₂O combinado con humus al 75 % (T4), además de un tratamiento con 100 % 115N⁺ 80P₂O₅ 150K₂O (T5) y un testigo sin abono. En total se establecieron 18 parcelas, cada una con un área de 16 m², distribuidas en un área experimental de 336 m². Los resultados indicaron que T4, obtuvo los mayores valores para longitud de mazorca (19.78 cm), diámetro (6.56 cm), peso de mazorca (174.00 g), peso de grano (128.00 g) y rendimiento por hectárea (9059.92 kg ha⁻¹); las dosis crecientes de fertiabono (115N⁺ 80P₂O₅ 150K₂O + 25%, 50% y 75% de humus) mostraron un efecto positivo y proporcional en la producción de maíz morado. El tratamiento T4 logró el mayor rendimiento (9059.92 kg ha⁻¹), seguido por T3 (8921.31 kg ha⁻¹) y T2 (8782.70 kg ha⁻¹). En cambio, el T5 (7788.82 kg ha⁻¹) o T1 (6655.74 kg ha⁻¹) obtuvieron valores intermedios, el testigo presentó el menor rendimiento (4131.82 kg ha⁻¹). Concluyendo que la combinación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos favorece la productividad del maíz morado.

Palabra clave: Fertiabono, productividad, maíz morado.

ABSTRACT

The research was conducted in the district of Magdalena, Cajamarca, with the aim of determining the effect of different doses of fertilizer on the productivity of the INIA 601 purple corn crop (*Zea mays* L.). The experiment was carried out in a completely randomized block design (CRBD) with three replicates. Five treatments were applied: 100% humus (T1), 115N⁺ 80P₂O₅ 150K₂O combined with 25% humus (T2), 115N⁺ 80P₂O₅ 150K₂O combined with 50% (T3) and 115N⁺ 80P₂O₅ 150K₂O combined with 75% (T4), as well as a treatment with 100% NPK (T5) and a control without fertilizer. A total of 18 plots were established, each with an area of 16 m², distributed over an experimental area of 336 m². The results indicated that T4 obtained the highest values for ear length (19.78 cm), diameter (6.56 cm), ear weight (174.00 g), grain weight (128.00 g), and yield per hectare (9059.92 kg ha⁻¹); increasing doses of fertilizer (115N⁺ 80P₂O₅ 150K₂O + 25%, 50%, and 75% humus) showed a positive and proportional effect on purple corn production. Treatment T4 achieved the highest yield (9059.92 kg ha⁻¹), followed by T3 (8921.31 kg ha⁻¹) and T2 (8782.70 kg ha⁻¹). In contrast, T5 (7788.82 kg ha⁻¹) and T1 (6655.74 kg ha⁻¹) obtained intermediate values, while the control had the lowest yield (4131.82 kg ha⁻¹). It was concluded that the combination of organic and inorganic fertilizers favors the productivity of purple corn.

Key word: Fertilizer, productivity, purple corn.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En el Perú, la agricultura constituye una de las principales actividades económicas, especialmente en regiones como Cajamarca, donde muchas familias dependen del cultivo para su subsistencia y generación de ingresos; dentro de este contexto, el maíz morado ha adquirido una creciente relevancia, particularmente en la sierra del país, debido a su alta demanda tanto en el mercado nacional como internacional. Este interés se debe principalmente a su elevado contenido de antocianinas, especialmente la cianin-3-glucosa, reconocida como su principal colorante natural, además de sus propiedades antioxidantes y anticancerígenas (Pinedo, 2015). Como resultado, se espera que la demanda de este cultivo continúe en aumento, favoreciendo las exportaciones y generando nuevas oportunidades económicas para los pequeños productores (Begazo, 2013; Medina et al., 2020).

El maíz morado pertenece al grupo de los maíces amiláceos y su cultivo abarca alrededor de 5,000 hectáreas distribuidas en regiones como Arequipa, Lima, Huánuco, Cajamarca y Ayacucho (MIDAGRI, 2021). En la región Cajamarca, según datos del Gobierno Regional, las Agencias Agrarias, el INIA y el SENASA, se cultivan aproximadamente 50 hectáreas, concentradas principalmente en las provincias de Cajamarca, Cajabamba y San Marcos (Delgado, 2021). A pesar de su potencial, la productividad del maíz morado se ve influenciada por múltiples factores agronómicos, como la densidad de siembra, la fertilización, el riego, la calidad del suelo y la altitud (Valera, 2019).

Actualmente, muchos agricultores optan por el uso intensivo de fertilizantes químicos para mantener o incrementar la producción; sin embargo, esta práctica ha generado consecuencias negativas a largo plazo, como la disminución de la materia orgánica del suelo y la pérdida de microorganismos benéficos, lo que repercute en una menor productividad en campañas posteriores (Morilla y Solarte, 2014). Además, el uso indiscriminado de agroquímicos no solo afecta la fertilidad del suelo, sino que también tiene implicancias en la salud humana, la sanidad de los cultivos y el equilibrio de los ecosistemas (Beltrán et al., 2019; Vivas y Guadalupe, 2020).

En este contexto, se vuelve prioritario evaluar estrategias de fertilización más sostenibles. Según Manuel y Calderón (2011), citados por Su y Arostegui (2020), los agricultores han desarrollado una fuerte dependencia hacia los fertilizantes químicos, relegando el uso de abonos orgánicos, lo que ha derivado en procesos de acidificación, erosión y pérdida de productividad del suelo. A ello se suma el incremento en los precios de los insumos agrícolas, que dificulta el acceso a fertilizantes para los pequeños productores, haciendo urgente la búsqueda de alternativas más accesibles y sostenibles (Granados y González, 2022).

En este sentido, el uso de fertilizantes orgánicos como el humus de lombriz, derivado de residuos vegetales y animales procesados por lombrices (*Eisenia foetida*), ha demostrado ser una opción eficaz para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como para favorecer un desarrollo saludable de los cultivos (Díaz, 2021; Maquilon, 2022). Este tipo de abono, además de incrementar la disponibilidad de nutrientes y la capacidad de retención de agua, contribuye a reducir la dependencia de fertilizantes químicos y su impacto ambiental.

Diversas investigaciones respaldan el uso combinado de fertilizantes orgánicos con fertilizantes minerales. Farfán y Perales (2020) evidencian que la aplicación de diferentes proporciones de abono orgánico con NPK —desde un 25% de abono con 75% de NPK, hasta el uso exclusivo de abono orgánico— mejora significativamente el rendimiento del maíz morado por unidad de área, superando incluso los resultados obtenidos con fertilización 100% mineral.

Frente a este panorama, la presente investigación se realizó teniendo en cuenta la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es el efecto de la mejor dosis de fertiabono en la productividad del cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en el distrito de Magdalena – Cajamarca, 2023?; este estudio no solo pretende incrementar el rendimiento de este cultivo de alta importancia económica y nutricional, sino también generar beneficios ambientales, promoviendo un modelo de producción más sostenible y accesible para los agricultores de la región; esta propuesta busca, además, establecer una alternativa viable de fertilización que permita reducir el uso de agroquímicos y mejore la calidad del suelo a largo plazo.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar la mejor dosis de fertiabono en la productividad del cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en el distrito de Magdalena – Cajamarca, 2023.

1.1.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de diferentes dosis de fertiabono sobre los componentes de longitud de mazorca, diámetro de mazorca, peso de mazorca y peso de granos por mazorca del cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.).

Determinar la mejor dosis de fertiabono que maximice el rendimiento de grano por hectárea del cultivo de maíz morado.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Valle y Velásquez (2019) evaluaron dosis de fertilizantes sintético y orgánica en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad NB-6 bajo riego por microaspersión; el experimento se estableció en un Diseño de Bloques al Azar, unifactorial con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, T1 (Compost), T2 (humus de lombriz), T3 (Urea 46 %), T4 (completo formula 18-46-00 + Urea 46 %). Los resultados indicaron que los tratamientos T2 para la variable altura de la planta con una media de 1.50 m y número de hojas 6.49 por plantas, en la variable diámetro de mazorca se encontró diferencias estadísticas obteniendo los mayores promedios el T4 (convencional) con 48.47 mm, y menor valor el T2 (Humus de Lombriz) con 40.75 mm; y en la variable rendimiento kg ha⁻¹ mostro diferencias estadísticas presentando el mayor promedio el tratamiento T3 (Urea 46 %) con 3 243.63 kg ha⁻¹, seguido del T4 (Completo + Urea 46%) con 3 030.91 kg ha⁻¹.

Andrade (2022) determinó el efecto de abonos orgánicos en el rendimiento y contenido de antocianinas de maíz morado bajo riego por goteo en Lima, Perú. La metodología que utilizó fue el diseño de bloques completo al azar con siete tratamientos de fuentes orgánicas las cuales fueron T1 :10 t ha⁻¹ de humus de lombriz, T2 :10 t ha⁻¹ humus de lombriz + 1 t ha⁻¹ de sustancias húmicas, T3: 1 t ha⁻¹ sustancias húmicas, T4: 10 t ha⁻¹ de compost, T5: 10 t ha⁻¹ compost + 1 t ha⁻¹ de sustancias húmicas, T6: N-P-K, T7: Testigo; las variables evaluadas fueron: altura de planta, altura de mazorca, número de mazorcas, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, rendimiento de mazorca y contenido de antocianinas. Los resultados mostraron que el tratamiento con los mejores resultados en términos de rendimiento fue el T3 (Ekotron), alcanzando el mayor rendimiento de coronta (0.70 t ha⁻¹), de mazorca (5.90 t ha⁻¹), así como el mayor número de mazorcas por planta (1.70), el diámetro más amplio de mazorca (4.91 cm) y la mayor longitud de mazorca (17.60 cm), superando significativamente a los demás tratamientos; en cuanto a la altura de planta y la altura de inserción de mazorca principal, el tratamiento T6 (NPK) registró los valores más altos con 2.50 m y 1.70 m respectivamente, mostrando diferencias significativas respecto a los demás; todos los tratamientos superaron de forma significativa al testigo (T7), el cual presentó un rendimiento de mazorca de apenas 3,20 t ha⁻¹ y una altura de planta de 1,80 m.

Farfán y Perales (2021) evaluaron el efecto de la fertilización orgánica mineral en la producción de maíz morado (*Zea mays* L.) en la Provincia Acobamba, Región Huancavelica, desde noviembre 2019 a mayo 2020. Para el estudio se empleó un diseño de bloques completamente al azar; en la que se evaluaron seis fertilizaciones: AO 75% + NPK 25%; AO 50% + NPK 50%; AO 25% + NPK 75%; AO 100% + NPK 100%; AO 100%; NPK 100% y un testigo; las variables evaluadas fueron número de mazorcas, peso de mazorcas, rendimiento de mazorcas de maíz, y la rentabilidad de las fertilizaciones. Los resultados indicaron que en la variable número de mazorcas por unidad experimental (UE de 20 m²), el tratamiento T4 (25 % AO + 75 % NPK) obtuvo el mayor valor con 128.00 mazorcas/UE, seguido por T3 (50 % AO + 50 % NPK) con 127.33 mazorcas/UE, y T5 (100 % AO + 100 % NPK) con 123.67 mazorcas/UE. Estos tratamientos superaron incluso al T2 (100 % NPK), que alcanzó 122.33 mazorcas/UE, en cambio, T6 (75 % AO + 25 % NPK) y T1 (100 % AO) obtuvieron valores menores, con aproximadamente 116.00 y 110.00 mazorcas/UE, respectivamente, el tratamiento T7 (testigo) presentó el menor número, con 102.67 mazorcas/UE; en cuanto al peso total de mazorcas por unidad experimental (20 m²), se observó que T4 logró el mayor peso con 13.68 kg, seguido de T3 con 13.50 kg, T5 con 13.24 kg y T2 con 13.00 kg, los tratamientos con mayor proporción de abono orgánico sin suficiente NPK presentaron valores inferiores: T6 alcanzó 11.80 kg y T1, 10.75 kg. Nuevamente, el testigo T7 obtuvo el peso más bajo con 6.54 kg por 20 m²; respecto al rendimiento de mazorcas por hectárea, T4 fue el tratamiento más eficiente con 6.84 t ha⁻¹, seguido de T3 con 6.75 t ha⁻¹, T5 con 6.62 t ha⁻¹ y T2 con 6,50 t ha⁻¹. Los tratamientos T6 y T1 alcanzaron rendimientos de 5,90 t ha⁻¹ y 5,37 t ha⁻¹, respectivamente, mientras que el testigo T7 registró el valor más bajo con 3,27 t ha⁻¹.

Baque et al. (2023) evaluando la eficiencia agronómica de nitrógeno y producción de maíz (*Zea mays* L.) con fertilización orgánica y mineral. El estudio utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con trece tratamientos con aplicación individual y en combinación de los fertilizantes orgánicos y químicos (individuales 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹, 150 kg ha⁻¹, 200 kg ha⁻¹ y combinadas 25 kg + 25 kg, 50 kg + 50 kg, 100 kg + 100 kg, 75 kg + 75 kg). Los resultados indicaron que para altura de planta, los tratamientos combinados de biocompost y urea mostraron mejores resultados, destacando la combinación de 50 kg de biocompost + 50 kg de urea con una altura promedio de 188.07 cm, superando a las aplicaciones individuales de urea (hasta 181.90 cm con 200 kg) y biocompost (177.43 cm con 150 kg), el tratamiento testigo alcanzó solo 165.50 cm, evidenciando la importancia del nitrógeno en el desarrollo vegetativo del cultivo; respecto a la longitud de mazorca, el mejor desempeño fue alcanzado con 100 kg

de urea (17.76 cm) y 200 kg de urea (17.75 cm), mientras que el tratamiento combinado de 75 kg de biocompost + 75 kg de urea también presentó una buena respuesta (17.54 cm), el menor valor se observó en el tratamiento con 200 kg de biocompost (16.16 cm); en cuanto al diámetro de mazorca, el tratamiento con 100 kg de urea obtuvo el valor más alto (4.86 cm), seguido por la combinación 25 kg de biocompost + 25 kg de urea (4.84 cm); en el peso de cien granos fue superior en los tratamientos con urea entre 50 y 200 kg ha⁻¹ y en las combinaciones 25+25 kg y 75+75 kg, todos con 0.03 kg, mientras que el resto de tratamientos, incluido el testigo, se mantuvieron en 0.02 kg, respecto al rendimiento, el tratamiento que combinó 100 kg de biocompost + 100 kg de urea obtuvo el mayor valor con 2098,69 kg ha⁻¹, seguido por el tratamiento con 100 kg de biocompost (2146.01 kg ha⁻¹) y 50 kg de biocompost + 50 kg de urea (1819.17 kg ha⁻¹). El rendimiento más bajo se registró en el tratamiento testigo con solo 979.34 kg ha⁻¹.

Quintos et al. (2024) determinaron el efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento y calidad de maíz morado variedad INIA 601. El estudio utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones y once tratamientos en arreglo factorial, T1-T3 aplicaron humus en dosis de 1.00, 2.00 y 3.00 t ha⁻¹; T4-T6 utilizaron guano de islas en las mismas dosis; T7-T9 combinaron humus más guano de islas en dosis de 1.00, 2.00 y 3.00 t ha⁻¹ de cada fuente; T10 fue el testigo agricultor con 46 kg N/ha; y T11 el testigo absoluto sin fertilizante. Los resultados indicaron que, en rendimiento de mazorca, el tratamiento T4 (guano de isla 3.0 t ha⁻¹) obtuvo el mejor resultado con 4.07 t ha⁻¹, seguido por T5 (guano de isla 2.0 t ha⁻¹) con 3.87 t ha⁻¹ y T6 (guano de isla 1.0 t ha⁻¹) con 3.60 t ha⁻¹. Los tratamientos con mezcla humus + guano registraron valores intermedios: T7 (3.0 t ha⁻¹) con 3.23 t ha⁻¹, T8 (1.0 t ha⁻¹) con 3.09 t ha⁻¹ y T9 (2.0 t ha⁻¹) con 3.08 t ha⁻¹. El testigo agricultor T10 alcanzó 2.93 t ha⁻¹, mientras que los tratamientos con humus solo obtuvieron T1 (3.0 t ha⁻¹) 2.76 t ha⁻¹, T2 (2.0 t ha⁻¹) 2.56 t ha⁻¹ y T3 (1.0 t ha⁻¹) 2.38 t ha⁻¹. El testigo absoluto T11 registró el menor rendimiento con 2.13 t ha⁻¹. Por fuentes de fertilización, el guano de isla promedió 3.85 t ha⁻¹, la mezcla humus + guano 3.14 t ha⁻¹ y el humus solo 2.56 t ha⁻¹, con un promedio general de 3.18 t ha⁻¹. Respecto a longitud de mazorca, el guano de isla nuevamente superó con 15.27 cm promedio, seguido por la mezcla con 14.39 cm y el humus con 13.48 cm. Las dosis de 3.0, 2.0 y 1.0 t ha⁻¹ registraron 14.75, 14.35 y 14.03 cm respectivamente. El testigo agricultor alcanzó 14.28 cm y el testigo absoluto 12.65 cm, con un promedio general de 14.38 cm. En diámetro de mazorca, el guano de isla promedió 4.56 cm, la mezcla 4.41 cm y el humus 4.19 cm. Las dosis evaluadas registraron 4.47, 4.37 y 4.30 cm para 3.0, 2.0 y 1.0 t ha⁻¹ respectivamente,

mientras que el testigo agricultor obtuvo 4.35 cm y el testigo absoluto 4.03 cm, con un promedio general de 4.38 cm.

Cardona et al. (2021) evaluaron el crecimiento del maíz Capachi morado en respuesta a la aplicación de diferentes fuentes de fertilizantes. El estudio se realizó un diseño completamente al azar, con 6 tratamientos y 12 repeticiones, los tratamientos empleados fueron: T1: micorriza 30 g/planta, T2: fertilizante orgánico mineral BP-150 aplicando 30, 40 y 50 cm³/planta, T3: micorrizas + BP-150, T4: Triple 15, aplicando 5, 10 y 15 g/planta, T5: micorrizas + Triple 15 y T6: Testigo. Los resultados indicaron que el tratamiento T4 obtuvo el mejor resultado en varias variables clave del crecimiento, como altura de planta (97,15 cm), longitud de raíces (78,77 cm), materia seca (112,59 g), área foliar (4,473.27 cm²), le siguió el tratamiento T5, que también presentó resultados destacados, especialmente en el diámetro de copa (116,13 cm) y altura de planta (95,30 cm), en contraste, el tratamiento T1, basado únicamente en micorrizas, registró el menor desempeño en la mayoría de las variables, incluso por debajo del tratamiento testigo (T6), que no recibió fertilización adicional.

Torres y Hoyos (2023) evaluaron el efecto de la aplicación de guano de isla y humus de lombriz en el rendimiento del cultivo de betarraga (*Beta vulgaris* L.), con un diseño estadístico en Bloques Completamente al Azar (DBCA), en donde se evaluaron cinco tratamientos. El material experimental fue semilla de betarraga variedad Early Wonder y abonos orgánicos tales como, guano de isla y humus de lombriz en dosis de 2 y 4 t ha⁻¹ respectivamente. Se evaluaron variables como: altura de planta, longitud de raíz, diámetro de raíz, peso total de planta, materia seca, rendimiento de raíz y un análisis económico para determinar la rentabilidad. Los resultados obtenidos mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Duncan indicaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, destacando el tratamiento con 4 t ha⁻¹ de guano de isla., que alcanzó el mayor rendimiento de 41 562 kg ha⁻¹. En cuanto a la rentabilidad, se concluyó con los tratamientos con 2 ha⁻¹ y 4 t ha⁻¹ de guano de isla presentaron los mejores índices económicos, con un retorno de 2.79 soles, evidenciando la eficacia agronómica y económica del guano de isla en este cultivo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Generalidades del maíz morado.

Guillén, Mori y Paucar (2014) citados por Morales y Muñoz (2020) señalan que el maíz morado (*Zea mays* L.) ha sido empleado desde tiempos antiguos por las culturas del país como alimento humano; esta variedad de maíz está compuesta por una mazorca, de la cual aproximadamente el 15% corresponde a la tusa y el 85% al grano, y se caracteriza por contener un pigmento de color morado intenso, conocido como antocianina; la mayor concentración de este compuesto se encuentra en la coronta, mientras que, en el grano, específicamente en el pericarpio, se halla en menor proporción; en la gastronomía peruana, el maíz morado es ampliamente utilizado para la preparación de bebidas como la chicha morada y postres como la mazamorra.

De acuerdo con el científico peruano Carhuapoma, citado por Andina (2012), el consumo de maíz morado en preparaciones como la chicha y la mazamorra puede favorecer la salud humana al ayudar a prevenir enfermedades como el cáncer de colon, así como problemas gastrointestinales y sanguíneos; este beneficio se atribuye al efecto antioxidante proporcionado por el pigmento morado presente en la coronta y los granos del maíz.

2.2.2. Origen y distribución.

Tapia y Fries (2007) señalan que el centro primario de origen del maíz se encuentra en Mesoamérica, específicamente en las regiones montañosas de México y Guatemala, mientras que los Andes centrales constituyen un segundo centro de diversificación. Por otro lado, Paliwal (2001) sostiene que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores entre 7,000 y 10,000 años atrás, y considera a México como el centro de origen, ya que desde allí la planta se expandió tanto hacia el norte, llegando a Canadá, como hacia el sur, hasta Argentina; esta afirmación se respalda en el hallazgo de antiguas mazorcas en cuevas del valle Tehuacán, constituyendo la evidencia más antigua de la presencia de maíz en México.

2.2.3. Taxonomía.

Reyes (1990) indica que el maíz morado es una de las diversas variedades pertenecientes a la especie *Zea mays*. En su clasificación taxonómica, lo ubica dentro de la división Tracheophyta, la clase Angiosperma, el orden Graminales, la familia Gramínea y el género *Zea*, correspondiendo a la especie *mays*. Su nombre científico completo es *Zea mays* L.

2.2.4. Morfología de la planta.

a. Raíz

Llanos (1984) refiere que el maíz morado presenta raíces fasciculadas y densas, formadas por tres tipos principales: las raíces primarias que emergen de las semillas, las raíces principales que se desarrollan a partir de la corona, y las raíces aéreas que brotan en la parte baja de los nudos del tallo; por su parte, Takhtajan (1980) señala que es posible observar nudos de raíces a nivel del suelo, fenómeno que ocurre en las raíces secundarias o adventicias.

b. Tallo

Según el INIA (2020), el tallo de la planta cumple tres funciones principales: brindar soporte, transportar nutrientes y almacenar carbohidratos; además, la cantidad de nudos y entrenudos que presenta el tallo varía entre 20 y 30, dependiendo de la variedad y del ambiente en el que se desarrolle la planta.

c. Hojas

Risco (2007) describe que las hojas del maíz morado son de buen tamaño, largas y lanceoladas, dispuestas de manera alterna y con nervaduras paralelas; estas hojas están sujetas al tallo mediante una vaina y presentan vellosidades en el haz, además de contar con una lígula en cada una; los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

d. Flores

Risco (2007) señala que la inflorescencia masculina del maíz morado es una panícula compuesta por numerosas flores pequeñas denominadas espículas, mientras que la inflorescencia femenina consiste en una estructura única conocida como mazorca. Por su parte, Tapia y Fries (2007) explican que la inflorescencia femenina, o mazorca, se origina únicamente de algunas yemas situadas en las axilas de las hojas; esta estructura incluye un eje central donde se insertan las flores que posteriormente dan lugar a los granos.

e. Fruto y semilla

Takhtajan (1980) describe que el fruto del maíz morado es un cariósipide, en el cual la pared del ovario está cubierta por la testa o cubierta de la semilla, y ambas estructuras se combinan para formar la pared del fruto; el fruto maduro está compuesto por tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endosperma triploide, siendo la capa de aleurona

la parte más externa del endosperma que se encuentra en contacto con la pared del fruto. Asimismo, Risco (2007) señala que el fruto es un cariósipide de forma redonda y color púrpura, dispuesto en hileras a lo largo de la mazorca.

2.2.5. Variedades de maíz morado.

Pinedo (2015) indica que en el Perú existen diversas variedades de maíz morado, entre las cuales se encuentran el Morado Canteño, Morado Mejorado, Morado Caráz, Arequipeño, Cuzco Morado, Negro Junín y Negro Canaán.

a. UNC-47

Variedad desarrollada por la Universidad Nacional de Cajamarca y conocida localmente como "grone", representa una alternativa productiva que alcanza su madurez comercial transcurridos 190 días desde la siembra. Según Pedraza et al. (2017), esta variedad se caracteriza por presentar una coloración morado intenso y muestra su mejor desempeño agronómico cuando la siembra se realiza durante los meses de octubre y noviembre, período que coincide con las condiciones climáticas más favorables para su desarrollo en la región cajamarquina.

b. PM-581.

Variedad que constituye un desarrollo genético derivado del maíz caraz que fue sometido a procesos de mejoramiento por parte de la Universidad Nacional Agraria La Molina. De acuerdo con Pinedo (2015), esta variedad presenta adaptabilidad tanto para las condiciones de la costa central como para las zonas de sierra media, desarrollándose óptimamente en altitudes comprendidas entre los 1200 y 1400 metros sobre el nivel del mar; las características morfológicas de esta variedad incluyen mazorcas que alcanzan dimensiones de 15 a 20 centímetros de longitud, lo que la convierte en una alternativa viable para los sistemas productivos en las regiones mencionadas.

c. PM-582

Variedad desarrollada mediante procesos de mejoramiento genético realizados por la Universidad Nacional Agraria La Molina, muestra una notable adaptación a las condiciones de la sierra alta. Según Manrique (1997), el cultivo se caracteriza por presentar un porte de tamaño intermedio y producir mazorcas de dimensiones medianas, destacándose principalmente por su

capacidad de generar altos rendimientos en los ecosistemas de altura donde se desarrolla, lo que lo posiciona como una alternativa productiva relevante para los agricultores de estas zonas.

d. INIA-615 negro Canaán.

Variedad que representa un logro del programa de mejoramiento genético desarrollado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria en su estación experimental ubicada en Canaán, Ayacucho. Pinedo (2015) señala que el desarrollo de esta variedad involucró un esquema de cruzamiento específico donde los progenitores femeninos correspondieron a las razas locales negro kculli y morado, mientras que los progenitores masculinos estuvieron constituidos por una mezcla de las razas negro, kculli y morado. Esta combinación genética permitió obtener una variedad que incorpora las características deseables de las razas parentales utilizadas en el proceso de mejoramiento.

e. La variedad INIA-601

Variedad que constituye un producto del programa de mejoramiento genético ejecutado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria en la Estación Experimental Agraria de Cajabamba, ubicada en el departamento de Cajamarca. Según Pedraza et al. (2017), el desarrollo de esta variedad involucró la utilización de un total de 256 progenies, distribuidas en 108 correspondientes a la raza caraz y 148 pertenecientes a la raza negro de Parubamba. Esta combinación genética ha resultado en una variedad que muestra un excelente desempeño agronómico en las condiciones ambientales de la sierra norte del Perú, región donde presenta una notable adaptación y productividad.

2.2.6. Condiciones edafoclimáticas.

a. Suelo

El maíz demuestra capacidad de adaptación a diversos tipos de suelos, aunque presenta limitaciones de crecimiento en suelos excesivamente pesados o muy sueltos. Fuentes (2002) establece que las condiciones edáficas óptimas para el desarrollo del cultivo corresponden a suelos de textura media (francos), caracterizados por su fertilidad, buen drenaje, profundidad adecuada y buena capacidad de retención hídrica. En este contexto, Parson (1981) señala que el cultivo requiere suelos profundos y fértiles, condiciones que facilitan el adecuado desarrollo del sistema radicular y optimizan la eficiencia en la absorción tanto de la humedad como de los

nutrientes disponibles en el suelo, demandando además condiciones de pH neutro con tendencia ligeramente ácida para el éxito productivo del sistema agrícola.

Con relación al maíz morado, Quispe et al. (2007) especifican que este cultivo requiere suelos franco-arcillosos con buena capacidad de retención de agua, demostrando adaptabilidad a diversos climas tanto de costa como de sierra en un rango altitudinal que se extiende desde los 500 hasta los 3000 metros sobre el nivel del mar.

b. Clima

Los requerimientos térmicos del cultivo incluyen altas temperaturas y adecuada iluminación para optimizar su proceso fotosintético. Manrique (1997) establece que las condiciones de siembra demandan temperaturas superiores a los 10°C, siendo los 15°C el valor más favorable para esta etapa. Asimismo, el autor indica que, para lograr un desarrollo vegetativo óptimo, el cultivo requiere temperaturas que oscilen entre los 25 y 30°C, rango térmico que favorece el crecimiento vigoroso y el adecuado establecimiento del sistema productivo.

c. Agua

El agua desempeña un papel fundamental en el desarrollo del cultivo, actuando como medio de transporte de elementos nutritivos y fotosintatos dentro del sistema vegetal, además de participar directamente en las reacciones fotosintéticas. Según el INIA (2020), el período más crítico para el requerimiento hídrico del cultivo se presenta durante las dos semanas previas a la floración, momento en el cual el sistema productivo demanda suficiente disponibilidad de agua antes de que la panoja inicie la liberación del polen y la mazorca emita los primeros estigmas, extendiéndose esta fase crítica hasta dos semanas posteriores a la floración; el autor enfatiza que la deficiencia hídrica durante este período específico resulta en una disminución significativa de la producción de grano por unidad de superficie, lo que compromete el rendimiento final del cultivo.

d. Época de siembra

El maíz presenta la versatilidad de poder establecerse durante cualquier época del año, aunque existen períodos más favorables para su siembra. Sevilla y Valdez (1985) identifican dos épocas de siembra más adecuadas para el cultivo: la primera corresponde al período comprendido entre abril y agosto, denominada siembra de invierno, mientras que la segunda

abarca los meses de noviembre a febrero, conocida como siembra de verano. Esta flexibilidad temporal permite a los productores adaptar sus sistemas de cultivo a las condiciones específicas de cada región y optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles.

2.2.7. Fases fenológicas o desarrollo del maíz.

Según Justiniano (2010) el desarrollo de la planta se clasifica en dos fases: fase de desarrollo vegetativo (V) y fase de desarrollo reproductivo (R). En el caso del maíz morado, la duración de estas fases varía en función del ciclo vegetativo propio de cada variedad, existiendo algunas que pueden alcanzar ciclos de hasta seis meses, tal como señala el INIA (2020).

a. Estado de desarrollo vegetativo

Emergencia (VE)

La emergencia ocurre aproximadamente siete días después de la siembra; sin embargo, en ambientes fríos o secos, este proceso se extiende a dos semanas o más.

Estado V1

En esta etapa aparece la primera hoja embrionaria con borde terminal redondeado, y el meristemo apical, responsable de la formación de todas las partes vegetativas, mide entre 2.5 y 3.8 cm.

Estado V3

Este momento es ideal para realizar el primer deshierbo, ya que es cuando se desarrollan todas las hojas y los brotes de la mazorca que crecen en la planta.

Estado V5

Se recomienda efectuar el aporque en esta fase, coincidiendo con la finalización de la formación de todas las hojas y el inicio del brote de la futura mazorca, lo que indica el comienzo de la floración masculina.

Estado V6

En esta etapa el tallo experimenta un crecimiento acelerado, con una alta demanda de nutrientes, siendo el momento adecuado para aplicar nitrógeno antes de alcanzar el estado V8.

Estado V9

Se presenta una gran necesidad de agua y nutrientes, acompañada de un rápido crecimiento tanto del tallo como de la panoja.

Estado V12

En esta fase se determina el número total de granos (óvulos) y el tamaño de la mazorca, estableciéndose además la cantidad de hileras de granos por mazorca, aunque no el número de granos por hilera.

Estado V15

Es fundamental que los campos dispongan de suficiente agua al menos hasta una semana después del estado R1, ya que la falta de agua en este período puede reducir el rendimiento.

Estado V18

Continúa el rápido desarrollo de la mazorca, que ya es visible en la planta.

Estado VT

La planta alcanza su tamaño máximo y se produce la antesis, es decir, la floración masculina.

b. Estado de desarrollo reproductivo.**Estado R1**

Esta etapa inicia cuando la floración femenina se hace visible fuera de las vainas, los estigmas se polinizan y las brácteas alcanzan su tamaño máximo; la falta de humedad en este periodo reduce la polinización y limita el crecimiento de los granos.

Estado R2

En esta fase, la mazorca alcanza su tamaño máximo, los estigmas se secan y el embrión se vuelve visible; además, comienza la acumulación de materia seca y los granos presentan aproximadamente un 85 % de humedad.

Estado R3 (grano lechoso)

Se caracteriza por un rápido crecimiento del embrión, una alta acumulación de materia seca y una humedad cercana al 80 %.

Estado R4 (grano pastoso)

Continúa la acumulación de materia seca, los granos se estrechan en las hileras de la mazorca y la humedad disminuye a alrededor del 75 %.

Estado R5 (grano dentado)

Los granos comienzan a secarse desde la parte superior y la humedad desciende a cerca del 70 %.

Estado R6 (madurez fisiológica)

En esta etapa, todos los granos de la mazorca han completado su desarrollo, la humedad se encuentra entre el 30 y 35 %, lo que indica que la cosecha puede realizarse.

2.2.8. Producción de maíz morado en el Perú.

Según MIDAGRI (2021), en los últimos cinco años, la región Lima ha sido la principal productora de maíz morado en el Perú, seguida por Ayacucho, que ocupa el segundo lugar en importancia; otras regiones con menor producción, pero que han mantenido su participación constante a lo largo del tiempo, incluyen Arequipa, Ancash, Huánuco, Cajamarca, La Libertad, Ica, Apurímac, Moquegua, Huancavelica, Lambayeque y Junín; en conjunto, estas regiones, junto con Lima y Ayacucho, han representado aproximadamente el 88 % de la producción nacional de maíz morado en los últimos años.

Tabla 1

Producción de maíz morado (toneladas).

Departamento	2016	2017	2018	2019	2020
Lima	9.520	8.570	7.602	8.164	7.756
Ayacucho	1.455	2.960	4.910	3.697	6.012
Arequipa	1.998	1.826	1.958	2.270	2.251
Ancash	3.018	2.482	2.539	2.590	1.746
Huánuco	1.703	1.892	2.016	1.961	1.963

Departamento	2016	2017	2018	2019	2020
Cajamarca	969	1.471	1.776	2.104	1.899
La libertad	1.595	1.917	766	790	1.556
Ica	812	1.157	842	542	865
Apurímac	164	689	539	737	305
Moquegua	213	153	194	154	121
Huancavelica	26	34	65	40	48
Lambayeque	-	-	-	-	48
Junín	-	-	14	19	11
Total	21.474	23.151	23.219	23.069	24.580

Fuente: SIEA – MIDAGRI.

a. Características de producción de la variedad inia-601

De acuerdo con INIA (2014), se trata de una variedad de polinización abierta que se adapta adecuadamente a la sierra norte de Cajamarca, La Libertad y Piura, en altitudes que oscilan entre 2600 y 2900 metros sobre el nivel del mar; esta variedad representa una buena opción para mejorar la economía de pequeños y medianos productores, ya que ofrece un rendimiento superior de 5.2 toneladas por hectárea, en comparación con las 3.5 toneladas por hectárea que producen otras variedades.

b. Importancia económica

Según Medina (2022) esta variedad ha adquirido gran relevancia en la región de Cajamarca, donde es conocida como el “oro negro” debido a que, en poco tiempo, ha superado a otras variedades por su elevado nivel de producción. Además, el procesamiento de la tuza y panca permite obtener una rentabilidad de aproximadamente 10,000 soles por hectárea.

Según ANDINA (2022) se espera un aumento en la producción en Cajamarca, con la comercialización proyectada de 10 toneladas de grano y más de 5 toneladas de tusa y bráctea picada destinadas a los mercados de Europa y Estados Unidos. Asimismo, el MIDAGRI (2021) refiere que el Perú cuenta con especies de maíz morado con niveles de antocianina superiores a los de otros países, lo que le otorga una posición favorable en el mercado internacional.

2.2.9. Fertilización química y orgánica.

Medina (2022) señala que la aplicación adecuada y equilibrada de fertilizantes y abonos orgánicos en cantidades suficientes es fundamental para asegurar un buen crecimiento y desarrollo de las plantas, fortalecer su resistencia frente a enfermedades, promover un crecimiento vigoroso y reducir la competencia por nutrientes; además, destaca la importancia de realizar un análisis de fertilidad del suelo, ya que este estudio proporciona información sobre los nutrientes disponibles y sus cantidades, así como las necesidades específicas del suelo para lograr una producción óptima.

a. Fertilización química.

Medina (2022) indica que el maíz requiere entre 28 y 30 kg de nitrógeno (N), de 10 a 12 kg de fósforo (P_2O_5) y entre 23 y 25 kg de potasio (K_2O) por cada tonelada de grano producido; además, esta planta necesita otros nutrientes esenciales como calcio, magnesio y azufre para su adecuado desarrollo.

Nitrógeno

Fuentes (2002) explica que el nitrógeno es el elemento que aporta vigor a las plantas, mantiene las hojas verdes, favorece la fotosíntesis, el crecimiento y la acumulación de proteínas en el grano. La cantidad necesaria de nitrógeno varía según el nivel de producción deseado y la textura del suelo.

Fósforo

Según Medina (2022), el fósforo es fundamental porque suministra energía, estimula el desarrollo de las raíces y la formación de las mazorcas. Aunque está presente en la planta en menores cantidades que el nitrógeno y el potasio, su demanda es alta durante la floración. Por ello, debe estar disponible en la solución del suelo, ya que esta es la única forma en que la planta puede absorberlo directamente.

Potasio

Medina (2022) señala que el potasio proporciona firmeza al tallo y a las hojas, incrementa la resistencia de la planta frente al tumbado, enfermedades, heladas y sequías, y mejora la calidad de los granos. Es el macronutriente más abundante en la planta y se absorbe a una velocidad mayor en comparación con otros elementos.

Micronutrientes

Medina (2022) indica que los micronutrientes son esenciales para el correcto funcionamiento y metabolismo de las plantas, aunque las cantidades que requieren son mucho menores en comparación con los macronutrientes; la deficiencia de estos elementos puede causar desorganización en los procesos metabólicos de la planta, pero una aplicación excesiva puede resultar más dañina que la propia falta de micronutrientes; entre los micronutrientes más importantes se encuentran el boro, cobre, manganeso, hierro, molibdeno y zinc.

b. Abonos orgánicos

Mendoza (2016) describe los abonos orgánicos como residuos de origen vegetal o animal que, tras su descomposición, aportan al suelo los nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas, además de mejorar sus propiedades biológicas, químicas y físicas. Complementariamente, Medina (2022) destaca que estos abonos también contribuyen a mejorar características fundamentales del suelo, como la aireación, la retención de humedad y la capacidad de intercambio catiónico, al tiempo que optimizan la estructura del suelo.

Humus de lombriz

García et al. (2012) describen el humus de lombriz como un abono orgánico completamente natural, producido a partir de la transformación de residuos orgánicos compostados mediante la acción de la lombriz roja o de California; este abono se utiliza como enmienda en suelos degradados, y sus propiedades contribuyen a mejorar la estructura y el equilibrio del suelo, incrementando su capacidad productiva; además de aportar nutrientes y hormonas vegetales, el humus contiene una significativa carga bacteriana que facilita la degradación de nutrientes en formas asimilables por las plantas.

Importancia del humus

Compagnoni (2001) destaca la relevancia del uso del humus de lombriz como fertilizante en suelos agrícolas, señalando que actúa como un mejorador del suelo al proporcionar nutrientes esenciales a las plantas y mejorar las condiciones físico-mecánicas y biológicas del terreno; además, aporta una gran cantidad de nutrientes y contribuye a que las tierras ricas en humus sean esponjosas y menos vulnerables a la sequía; facilita la absorción inmediata de fertilizantes y posee una significativa carga

bacteriana que transforma los nutrientes en formas asimilables por las plantas; también favorece la germinación de las semillas y el desarrollo saludable de los plantines, al tiempo que incrementa la flora microbiana del suelo.

2.3. Definición de términos

Antocianina

Es un pigmento natural hidrosoluble presente en las vacuolas de las células vegetales que otorga colores rojo, púrpura y azul a hojas, flores, frutos y granos, como en el maíz morado; además de su función estética, las antocianinas tienen propiedades antioxidantes, anticancerígenas y antiinflamatorias, y contribuyen a beneficios para la salud humana, como la reducción de la presión arterial y el colesterol (Rabanal & Medina, 2021).

Cariópside

Es el tipo de fruto típico del maíz, también conocido como grano, que consiste en una semilla fusionada con la pared del fruto; en el maíz morado, la cariópside contiene la mayor parte de las antocianinas y es la parte comestible que se utiliza para diversos fines alimenticios y comerciales (Carrera et al., 2021).

Enmienda

Se refiere a cualquier sustancia, orgánica o inorgánica, que se añade al suelo para mejorar sus propiedades físicas, químicas o biológicas, favoreciendo así el crecimiento y desarrollo de las plantas (Ocáriz et al., 2017).

Fertiabono

Es un abono mejorado con características fisicoquímicas y bioquímicas necesarias para el suelo; además es un mejorador del suelo, más responsable ambientalmente y cuenta con una formulación que contiene exactamente todos los nutrientes que el suelo y los cultivos requieren (Narváez, 2022).

Humus

Es un abono orgánico natural resultante de la descomposición de materia orgánica por acción de organismos como la lombriz roja; el humus mejora la estructura del suelo, aumenta

su capacidad de retención de agua y nutrientes, y contiene una alta carga bacteriana que facilita la asimilación de nutrientes por las plantas (Gabriel et al. 2011).

Nervadura

Es la red de venas o haces vasculares que recorren las hojas y mazorcas del maíz, proporcionando soporte estructural y facilitando el transporte de agua, nutrientes y fotosintatos a diferentes partes de la planta (Trujillo, 2020).

Panoja

Es la inflorescencia masculina del maíz, ubicada en la parte superior de la planta, que produce el polen necesario para la fertilización de las flores femeninas y la formación de los granos en la mazorca (Ramírez, 2017).

Testa

Es la capa externa o cubierta del grano de maíz que protege el embrión y el endospermo. En el maíz morado, la testa suele contener pigmentos como las antocianinas, lo que contribuye a su característico color (Albarracin et al., 2024).

CAPÍTULO III

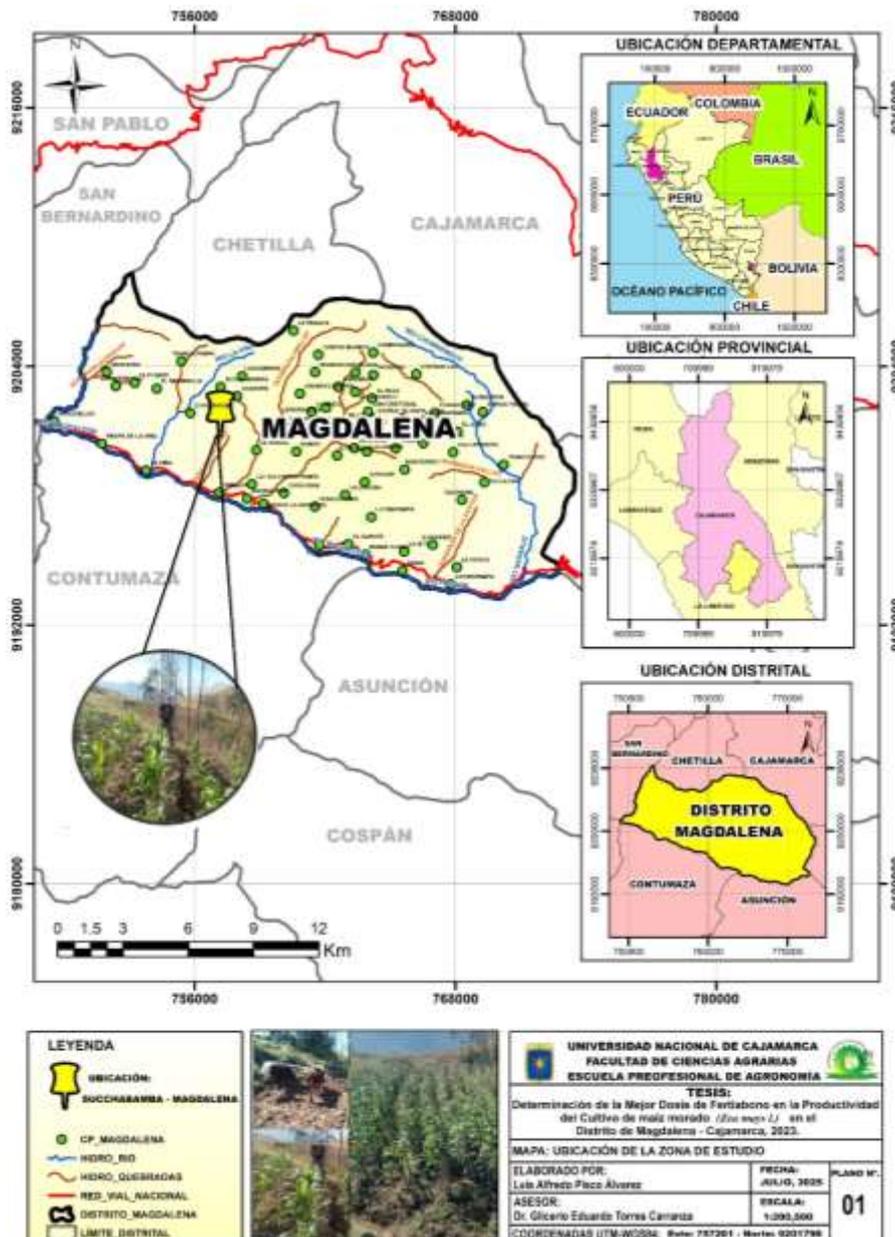
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La fase experimental para la recolección de datos del presente trabajo de investigación se desarrolló en el Caserío de Suchabamba, situado a una altitud de 2720 m, con coordenadas UTM 757201mE y 9201796mN, en el distrito de Magdalena, provincia de Cajamarca.

Figura 1

Ubicación del experimento.



3.1.1. Precipitación

De enero a abril varió de 46.9 – 172.9 mm, de mayo a julio varió de 0.01 – 37.4mm y de septiembre a diciembre varió de 7.6 – 162.7 mm (Estación meteorológica Municipalidad de Magdalena, 2023).

3.1.2. Temperatura

Varía de 5 °C – 18 °C en todo el año, siendo la temperatura mínima la del mes de agosto con 5.6 °C y la temperatura máxima la del mes de junio con 22.2 °C (Estación meteorológica Municipalidad de Magdalena, 2023).

3.1.3. Humedad relativa

Varía de 50 a 72 % en todo el año (Estación meteorológica Municipalidad de Magdalena, 2023).

3.1.4. Radiación

En los meses de enero-marzo tenemos en promedio 4.6 (4 horas y 7 décimas), en los meses de julio, agosto y setiembre es de 7.1 (7 horas y 1 decima) (Estación meteorológica Municipalidad de Magdalena, 2023).

3.1.5. Viento

La velocidad varía de 0.8 – 2.2 m / s en todo el año (Estación meteorológica Municipalidad de Magdalena, 2023).

3.2. Materiales

3.2.1. Material vegetal

Semilla de maíz morado variedad INIA 601

3.2.2. Insumos

Humus de lombriz

NPK

Insecticida

3.2.3. *Equipos*

Mochila de fumigar

Balanza digital

Laptop

3.2.4. *Herramientas*

Lampa

Zapapico

Balde

3.2.5. *Otros materiales experimentales*

Estacas

Wincha

Rafia

Letreros

Libreta de campo

3.3. **Metodología**

3.3.1. *Variables*

a. Variable independiente

Dosis de fertiabono

b. Variable dependiente

Productividad de maíz

3.3.2. *Diseño experimental, arreglos de los tratamientos*

a. Diseño experimental

El diseño estadístico empleado para evaluar el efecto de la mejor dosis de Fertiabono en la productividad del maíz morado fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) simple, con tres repeticiones (bloques), cinco tratamientos y un testigo por repetición. El modelo estadístico utilizado se expresó como:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Son las observaciones obtenidas la j -ésima vez que se repite el experimento, con el tratamiento i -ésimo.

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento i

B_j = Efecto del Bloqueo j

E_{ij} = Efecto del error experimental que se presenta al efectuar la j -ésima observación del i -ésimo tratamiento.

b. Arreglos de los tratamientos

El experimento se desarrolló en un total de 18 parcelas distribuidas en forma aleatoria en 3 repeticiones, el diseño contempló dos calles, cada una con un ancho de 1 metro; los surcos, con una longitud de 4 metros y un ancho de 0.80 metros, se organizaron en cinco por unidad experimental; en cada surco se realizaron ocho golpes, sumando un total de 40 golpes por unidad experimental; la distancia entre plantas fue de 0.50 metros, lo que permitió una adecuada distribución; cada unidad experimental abarcó un área de 16 metros cuadrados, mientras que el área total del ensayo fue de 336 metros cuadrados.

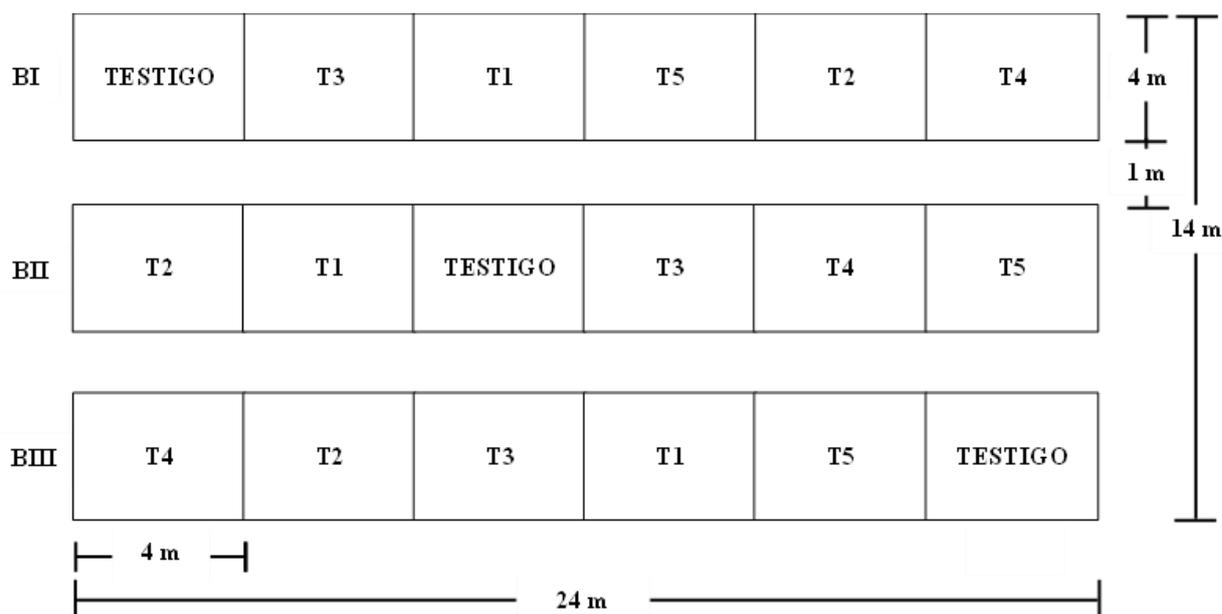
Tabla 2

Tratamientos en estudio.

N°	Tratamientos	Recomendación	Descripción
1	T1	1 t ha ⁻¹ de humus	100 % de Humus
2	T2	115-80-150 + 0.25 t ha ⁻¹ humus	N ⁺ -P ₂ O ₅ -K ₂ O + 25 % de humus
3	T3	115-80-150 + 0.5 t ha ⁻¹ humus	N ⁺ -P ₂ O ₅ -K ₂ O + 50 % de humus
4	T4	115-80-150 + 0.75 t ha ⁻¹ humus	N ⁺ -P ₂ O ₅ -K ₂ O + 75% de humus
5	T5	115-80-150	100 % N ⁺ -P ₂ O ₅ -K ₂ O
6	Testigo	Sin abono	0 %

Figura 2

Distribución de bloques y tratamientos en el campo experimental.



3.3.3. Procedimientos

a. Análisis de suelo

El análisis del suelo se realizó varios días antes de la siembra, comenzando con la recolección de muestras en el área destinada al cultivo; las muestras se tomaron siguiendo un patrón en zigzag para garantizar la representatividad del terreno; una vez recolectadas, todas las muestras fueron homogenizadas para obtener un kilogramo de suelo, el cual fue enviado posteriormente al laboratorio de análisis de suelos ubicado en Baños del Inca – INIA.

Tabla 3

Resultado del análisis del suelo.

pH	CE (dS/m)	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	P (ppm)	K (ppm)	Análisis Mecánico			Clase textural
						Arena	Limo	Arcilla	
6.7	4.1	--	2.6	32.82	118.7	55	21	24	Fr.A.

El análisis químico del suelo presentado en la tabla 3 revela que el terreno evaluado corresponde a una textura franco-arenosa, caracterizada por un pH neutro de 6.7. La conductividad eléctrica, con un valor de 4.1 dS/m, indica una salinidad ligera, adecuada para el desarrollo de la mayoría de los cultivos; la materia orgánica, con 2.6%, sugiere un nivel

medio que puede favorecer la actividad biológica del suelo; el fósforo disponible de 118.7 ppm es alto, ambos dentro de rangos óptimos para la nutrición vegetal; el potasio disponible es bajo alcanzando los 55 ppm, lo cual completa el perfil nutricional necesario para una adecuada producción agrícola bajo las condiciones del estudio.

Según los resultados del análisis de suelo, el laboratorio recomendó una fórmula específica de fertilización para el cultivo de maíz, orientada a corregir las deficiencias nutricionales identificadas y a optimizar el desarrollo del cultivo de acuerdo con las condiciones del terreno (ver tabla 4).

Tabla 4

Formula de abonamiento según resultados de laboratorio.

Cultivo	Cantidad de nutrientes Kg ha ⁻¹			Cantidades en t ha ⁻¹	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cal	Estiércol
Maíz	115	80	150	---	3.5

b. Análisis de humus

Para conocer y tener una referencia del contenido nutricional del abono humus de lombriz utilizado en la presente investigación, se tomó como base el análisis realizado por Hoyos (2023) en el Laboratorio de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, dado que empleó el mismo abono orgánico, producido en el fundo La Victoria de la Universidad Nacional de Cajamarca con las mismas consideraciones técnicas y condiciones medioambientales.

Tabla 5

Datos del análisis de abono humus de lombriz.

pH	C.E	M.O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Hd	Na
7.49	5.22 Ds/m	59.90%	1.90%	1.61 %	4.88 %	3.81 %	0.95 %	38.43 %	0.17 %

Nota: UNALM – Laboratorio de suelos, plantas, agua y fertilizantes.

El humus de lombriz presenta un pH alcalino de 7,5 y una conductividad eléctrica moderada (5,22 dS/m). Contiene un alto porcentaje de materia orgánica (59,90%) y nutrientes esenciales como nitrógeno (1,90%), fósforo (1,61%) y potasio (4,88%). Además, tiene un contenido elevado de calcio (38,43%) y bajo magnesio (0,95%) y sodio (0,17%).

c. Preparación de suelo

La preparación del terreno se realizó utilizando tracción animal mediante una yunta, método tradicional que permite un manejo eficiente y sostenible del suelo en áreas agrícolas. Inicialmente, se llevó a cabo el arado para romper y aflojar la capa superficial del suelo, facilitando la aireación y mejorando la infiltración de agua; posteriormente, se realizaron dos cruas, que consisten en pasar el arado en dirección perpendicular a la primera pasada, con el objetivo de desmenuzar mejor el suelo, nivelar la superficie y eliminar terrones grandes.

d. Surcado

El surcado se realizó manualmente con una separación de 0.80 metros entre surcos, lo que permitió un adecuado desarrollo de las plantas y un mejor control en la siembra, adaptándose a las condiciones del terreno para optimizar la productividad del maíz morado.

e. Delimitación de las parcelas

De acuerdo con el croquis elaborado para el experimento, se procedió a delimitar y estacar el terreno, marcando claramente los bloques, parcelas, calles, así como los bordes de cabecera y laterales; esta demarcación se realizó utilizando estacas y rafia, asegurando una organización precisa y ordenada del área experimental.

f. Siembra

La siembra se realizó con un distanciamiento de 0.50 metros entre golpes, depositando dos semillas por golpe a una profundidad aproximada de 2 a 3 centímetros; antes de la siembra, se llevaron a cabo labores preparatorias, entre las cuales destacó la desinfección de las semillas; estas se remojaron en un depósito y se les aplicó tifón en polvo (clorpirifos) para un mejor control de los gusanos de tierra; la siembra se efectuó utilizando herramientas manuales, como lampas y pico, adaptadas a las condiciones del terreno y al manejo tradicional del cultivo.

g. Deshierbos

El deshierbo se realizó de manera oportuna, ajustándose al desarrollo del cultivo para evitar que las malezas compitieran con las plantas de maíz morado en la absorción de fertilizantes y otros recursos esenciales; esta práctica contribuyó a minimizar la competencia por nutrientes, agua y luz, factores que pueden afectar negativamente el rendimiento final del cultivo.

h. Riegos

Los riegos se efectuaron con una frecuencia aproximada de cada 15 días, dependiendo de la disponibilidad de agua en la zona; esta periodicidad permitió mantener una adecuada humedad en el suelo, favoreciendo el crecimiento y desarrollo saludable de las plantas, especialmente en etapas críticas como la formación de mazorcas.

i. Aporque

El aporque se realizó a los 49 días después de la siembra, con el propósito de brindar soporte físico a las plantas, mejorar la estabilidad de las raíces y favorecer la retención de humedad en el suelo; esta labor fue fundamental para asegurar la sostenibilidad y resistencia de las plantas frente a condiciones ambientales adversas.

j. Manejo sanitario

El manejo sanitario se llevó a cabo con el objetivo de controlar las plagas que afectan al maíz, aplicando insecticidas específicos según el tipo de insecto identificado en el cultivo; esta intervención permitió reducir el daño causado por los agentes nocivos, protegiendo la salud de las plantas y contribuyendo a una mayor productividad.

k. Cosecha

Finalmente, la cosecha se realizó considerando el grado de madurez del cultivo, asegurando que los granos alcanzaran las condiciones óptimas de desarrollo para maximizar la calidad y cantidad de la producción de maíz morado; esta etapa fue clave para obtener un producto final que cumpliera con los estándares agronómicos y comerciales esperados.

3.3.4. Evaluaciones

a. Longitud de mazorca

Se midió la longitud de la mazorca seleccionando previamente ejemplares representativos de cada tratamiento, todos cosechados en un mismo estado de madurez para garantizar la uniformidad; la medición se realizó desde la base hasta el último grano formado, excluyendo la espata o envoltura externa; para ello, se utilizó una cinta métrica graduada en centímetros (cm) que permitió obtener la distancia longitudinal de cada mazorca. Se llevaron a cabo varias mediciones, específicamente en ocho mazorcas, con el fin de calcular un promedio que reflejara de manera precisa la variabilidad en la longitud de mazorca.

b. Diámetro de mazorca

Se determinó el diámetro de la mazorca midiendo su ancho en la parte central, que es generalmente la zona más representativa de su grosor; para obtener una medición precisa, se utilizó una cinta métrica graduada, asegurando que las mazorcas estuvieran limpias y sin deformaciones que pudieran afectar la exactitud de los datos; se realizaron mediciones en ocho mazorcas seleccionadas, con el propósito de calcular un valor promedio que reflejara adecuadamente la variabilidad de mazorcas.

c. Peso de mazorca

Se obtuvo el peso de la mazorca pesando la mazorca completa, que incluía tanto los granos como el marlo (raquis); para ello, se utilizó una balanza de precisión con sensibilidad en gramos, asegurando que las mazorcas estuvieran secas y libres de humedad superficial para evitar variaciones en el peso; se seleccionaron al azar ocho mazorcas para realizar las mediciones y, posteriormente, se calculó el peso promedio que representara adecuadamente el tratamiento evaluado.

d. Peso de grano por mazorca

Se determinó el peso de grano por mazorca a partir de una muestra representativa, seleccionando ocho mazorcas de cada tratamiento para asegurar la representatividad del análisis; primero, se desgranaron cuidadosamente las mazorcas para evitar pérdidas de material; posteriormente, los granos extraídos se pesaron utilizando una balanza de precisión, expresando el resultado en gramos; se procuró que los granos estuvieran en condiciones similares de humedad para evitar sesgos en la medición.

e. Rendimiento de grano por hectárea

Se contabilizaron las mazorcas de cada tratamiento en los bloques y se calculó un promedio de 70780.63 mazorcas por hectárea, valor que se multiplicó por el peso de grano por mazorca para determinar el rendimiento de grano por hectárea.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Longitud de mazorca.

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la longitud de mazorca muestra que el factor bloque no tiene un efecto significativo sobre la longitud de las mazorcas, ya que el p-valor fue 0.8804, superior al nivel de significancia de 0.05. Esto indica que, respecto a la longitud de la mazorca, los bloques no se diferenciaron encontrándose resultados estadísticamente similares entre sí. Respecto a los tratamientos, el valor de significación (p-valor = 0.0007) fue menor al 0.05, lo que evidencia una diferencia significativa entre las dosis evaluadas. Este resultado demuestra que el fertiabono sí tuvo un efecto directo sobre el crecimiento de las mazorcas, generando diferencias en su longitud según la dosis aplicada. El coeficiente de variación (CV) calculado es de 8.05 %, e indica la variación de los resultados de la longitud de mazorca, además indica que el diseño empleado en el experimento ha sido adecuado.

Tabla 6

Análisis de varianza para la longitud de mazorca.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloques	0.4737	2	0.2369	0.129	0.8804
Tratamientos	103.6303	5	20.7261	11.289	0.0007
Error	18.3595	10	1.8359		
Total	122.4635	17			

CV = 8.05 %

La Prueba de Tukey (Tabla 7 y Figura 3) aplicada para la longitud de mazorca muestra que el tratamiento que combinó NPK + 75% de humus obtuvo la mayor longitud promedio (19.78 cm), ubicándose en el grupo “A”, lo que indica que fue estadísticamente superior al resto de tratamientos. Le siguió el tratamiento con NPK + 50% de humus, con una longitud de 19.29 cm, perteneciente al grupo “AB”, lo que indica que, aunque no difiere significativamente del tratamiento más alto, sí supera al del testigo.

El tratamiento con NPK + 25% de humus alcanzó 17.91 cm y se ubicó en el grupo “ABC”, mostrando un buen desempeño, aunque estadísticamente similar a los tratamientos intermedios. Por su parte, el tratamiento con NPK (15.89 cm) quedó agrupado en el grupo “BCD”, junto con el humus solo (15.22 cm, grupo “CD”), indicando que no existen diferencias estadísticas claras entre ellos, pero sí en comparación con los tratamientos más completos. El tratamiento sin abono registró el menor valor (12.94 cm) y se ubicó exclusivamente en el grupo “D”, lo que lo distingue como el de menor eficacia en términos de longitud de mazorca. En conjunto, los resultados reflejan que las combinaciones de NPK con humus, especialmente en proporciones más altas, favorecieron significativamente el desarrollo longitudinal de las mazorcas, en comparación con los tratamientos simples o sin fertilización.

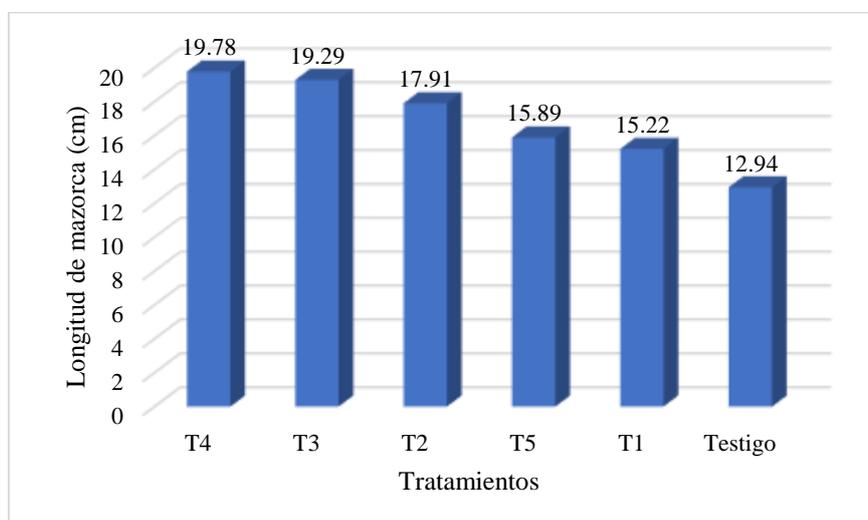
Tabla 7

Prueba de Tukey para la longitud de mazorca.

Tratamientos	Longitud de mazorca (cm)	Agrupación
T4	19.78	A
T3	19.29	AB
T2	17.91	ABC
T5	15.89	BCD
T1	15.22	CD
Testigo	12.94	D

Figura 3

Longitud de mazorca.



Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Baque et al. (2023), quienes observaron que las combinaciones de biocompost y urea incrementaron la longitud de mazorca hasta 17.54 cm, resultado cercano al presente estudio, aunque ligeramente inferior. Asimismo, los valores obtenidos superan a los registrados por Andrade (2022), quien halló 17.60 cm como longitud máxima bajo tratamientos orgánicos debido al aporte balanceado de macro y micronutrientes en las combinaciones, lo cual no se alcanza plenamente con un solo tipo de fertilizante. En contraste, Quintos et al. (2024) reportaron longitudes promedio menores (15.27 cm con guano de isla), siendo superados en todos los tratamientos integrados de esta investigación, lo que reafirma la superioridad del enfoque combinado NPK-humus.

Estas diferencias significativas confirman que la combinación de fertilización orgánica y química tiene un efecto sinérgico en el crecimiento de los órganos reproductivos del maíz morado; este comportamiento puede explicarse por la capacidad del humus de lombriz para mejorar la estructura del suelo, incrementar la aireación, la disponibilidad de agua y nutrientes, y fomentar la actividad biológica del mismo (García et al., 2012; Compagnoni, 2001). En complemento, Medina (2022) indica que el nitrógeno, fósforo y potasio son esenciales para el desarrollo vigoroso de los tallos y mazorcas; el nitrógeno favorece el crecimiento vegetativo, el fósforo estimula el desarrollo radicular y la formación de mazorcas, mientras que el potasio otorga firmeza y resistencia estructural; el resultado superior del tratamiento combinado sugiere que una nutrición balanceada incrementa la eficiencia fisiológica del cultivo, lo que se refleja en una mayor longitud de mazorca.

4.2. Diámetro de mazorcas (cm).

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para el diámetro de las mazorcas muestra que el factor bloques obtuvo un p-valor de 0.558, valor superior al nivel de significancia de 0.05. Este resultado indica que los bloques empleados no se diferenciaron respecto al diámetro de mazorca, es decir, que los resultados obtenidos en los bloques fueron similares desde el punto de vista estadístico. Los tratamientos, correspondiente a las diferentes dosis de Fertiabono, presentó un p-valor de 0.003, inferior al 0.05. Este resultado evidencia diferencias significativas entre las dosis evaluadas, lo que permite afirmar que la aplicación del fertilizante orgánico influye de manera directa en el diámetro de las mazorcas. El coeficiente de variación calculado es de 11.18 %, e indica la variación de los resultados del diámetro de mazorca, además indica que el diseño empleado en el experimento ha sido adecuado.

Tabla 8*Análisis de varianza para el diámetro de mazorcas.*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloques	0.425	2	0.213	0.620	0.558
Tratamientos	13.551	5	2.710	7.904	0.003
Error	3.429	10	0.343		
Total	17.404	17			

CV = 11.18 %

La Prueba de Tukey (Tabla 9 y Figura 4) para el diámetro de mazorca permitió establecer diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento que combinó NPK + 75% de humus registró el mayor diámetro promedio (6.56 cm) y se ubicó exclusivamente en el grupo “A”, lo que indica que fue estadísticamente superior al resto de tratamientos. Le siguió el tratamiento con NPK + 50% de humus, que alcanzó un valor de 5.98 cm, perteneciente al grupo “AB”, lo que indica una diferencia significativa respecto a los tratamientos de menor rendimiento, pero no frente al tratamiento más alto. El tratamiento con NPK + 25% de humus mostró un diámetro de 5.46 cm, agrupado en “ABC”, lo que indica un rendimiento intermedio, sin diferencias marcadas con los tratamientos superiores ni inferiores.

Los tratamientos con NPK (4.79 cm) y humus (4.70 cm) se agruparon en el grupo “BC”, lo que señala que no se diferenciaron estadísticamente entre sí ni respecto a algunos tratamientos combinados. Finalmente, el testigo sin abono registró el menor diámetro (3.94 cm) y se ubicó en el grupo “C”, siendo estadísticamente inferior a la mayoría de los tratamientos evaluados. Los resultados reflejan que las combinaciones de NPK con humus, especialmente con mayor proporción del fertilizante químico, favorecieron significativamente el aumento del diámetro de las mazorcas, en comparación con los tratamientos individuales o sin fertilización.

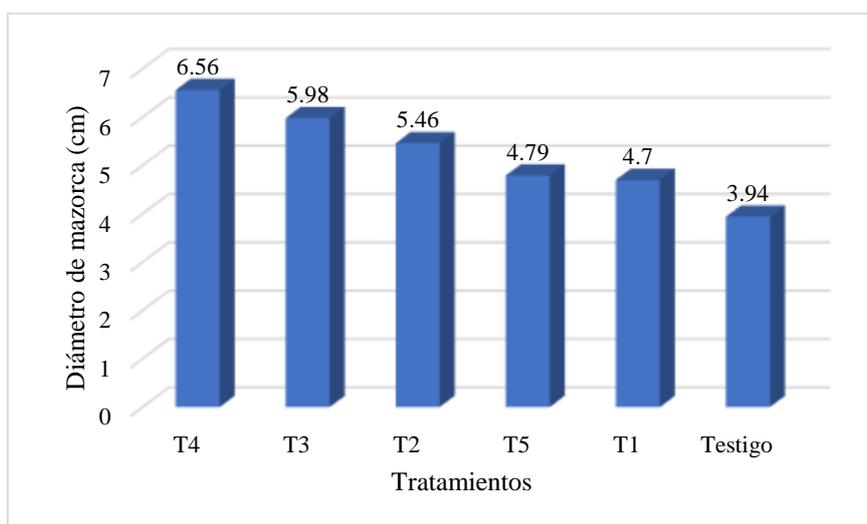
Tabla 9

Prueba de Tukey para el diámetro de mazorcas.

Tratamientos	Diámetro de mazorcas	
	(cm)	Agrupación
T4	6.56	A
T3	5.98	AB
T2	5.46	ABC
T5	4.79	BC
T1	4.70	BC
Testigo	3.94	C

Figura 4

Diámetro de mazorcas.



Los resultados encontrados superan a los obtenidos por Andrade (2022) (4.91 cm) y por Quintos et al. (2024) (4.56 cm con guano de isla), demostrando una mayor eficiencia de la fertilización mixta en el desarrollo estructural del grano. De igual forma, los datos concuerdan con Valle y Velásquez (2019), quienes observaron un mayor diámetro con fertilización química (48.47 mm, equivalente a 4.85 cm), aunque aún por debajo del rendimiento alcanzado en el presente estudio. Por otro lado, Baque et al. (2023) también mostraron un valor inferior (4.86 cm) incluso con combinaciones urea-biocompost, indicando que las proporciones aplicadas en esta investigación podrían haber optimizado el balance nutrimental, logrando un mayor desarrollo.

Estos resultados ratifican la importancia de una fertilización integral para obtener estructuras más desarrolladas, lo que podría deberse a una mejor disponibilidad de macronutrientes, como lo señala Fuentes (2002), quien destaca que el potasio es el macronutriente más abundante en el tejido vegetal y está relacionado directamente con el engrosamiento de estructuras vegetales y la resistencia frente a estreses abióticos. Asimismo, Mendoza (2016) y Compagnoni (2001) resaltan que el humus de lombriz mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo, favoreciendo un desarrollo más uniforme de la mazorca. Esta combinación de nutrientes y mejora edáfica impulsa la expresión del potencial genético de las variedades de maíz morado cultivadas, como la INIA-601, que puede alcanzar dimensiones cercanas a los 20 cm (Pedraza et al., 2017).

4.3. Peso de mazorcas (g).

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para el peso de mazorcas muestra que el valor de significación para los bloques (p -valor = 0.849) fue superior al 0.05, lo cual indica el peso obtenido en cada bloque no se diferenció de los demás. Para los tratamientos presentó un valor de significación (p -valor = 0.0001) inferior al 0.05, lo que demuestra una diferencia significativa entre las dosis de Fertiabono utilizadas. Este resultado indica que la aplicación del fertilizante orgánico tuvo un efecto determinante sobre el peso de las mazorcas, siendo esta variable sensible a las diferentes dosis evaluadas. El coeficiente de variación calculado es de 5.24 %, e indica la variación de los resultados del peso de mazorca, además indica que el diseño empleado en el experimento ha sido adecuado.

Tabla 10

Análisis de varianza para el peso de mazorcas.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloques	21.372	2	10.686	0.167	0.849
Tratamientos	10911.104	5	2182.221	34.008	<0.0001
Error	641.686	10	64.169		
Total	11574.162	17			

CV = 5.24 %

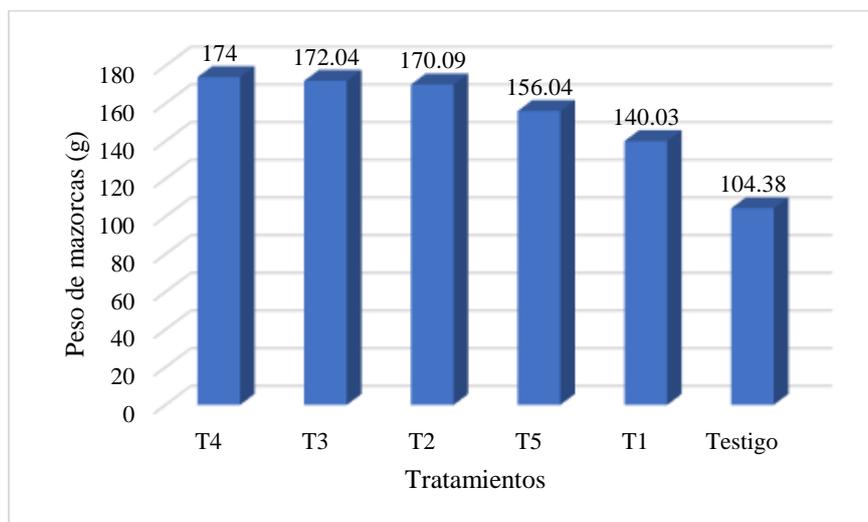
La Prueba de Tukey (Tabla 11 y Figura 5) para el peso de mazorca permitió identificar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. Los mejores resultados se obtuvieron con las combinaciones de NPK y humus, siendo el tratamiento con NPK + 75% humus el que alcanzó el mayor peso promedio (174.00 g), seguido muy de cerca por NPK + 50% de humus (172.04 g) y NPK + 25% de humus (170.09 g). Estos tres tratamientos se ubicaron en el grupo “A”, indicando que no presentaron diferencias significativas entre sí, pero sí fueron estadísticamente superiores a los demás.

El tratamiento con NPK aplicado de forma individual obtuvo un valor intermedio (156.04 g), ubicándose en el grupo “AB”, lo que señala que no difiere significativamente del grupo más alto, pero sí del siguiente. Por su parte, el tratamiento con humus solo alcanzó un promedio de 140.03 g, clasificándose en el grupo “B”, con un efecto menor en comparación con las combinaciones. Finalmente, el testigo sin abono registró el menor peso (104.38 g) y se ubicó en el grupo “C”, siendo claramente el tratamiento menos efectivo. Los resultados indican que la fertilización integrada con NPK y humus incrementó significativamente el peso de las mazorcas, especialmente cuando se emplearon proporciones más altas del fertilizante químico.

Tabla 11

Prueba de Tukey para el peso de mazorcas.

Tratamientos	Peso de mazorcas (g)	Agrupación
T4	174.00	A
T3	172.04	A
T2	170.09	A
T5	156.04	AB
T1	140.03	B
Testigo	104.38	C

Figura 5*Peso de mazorcas.*

Los resultados son coherentes con los hallazgos de Farfán y Perales (2021), donde los tratamientos mixtos alcanzaron los mayores pesos de mazorca (hasta 13.68 kg por 20 m², equivalentes a 6840 kg ha⁻¹), aunque los resultados actuales superan este rendimiento proporcionalmente. De forma similar, Quintos et al. (2024) obtuvieron un máximo de 4.07 t ha⁻¹ con guano de isla, lo cual es notablemente inferior al rendimiento proyectado con las combinaciones NPK - humus. En contraste, Valle y Velásquez (2019) identificaron un mejor rendimiento con urea sola (3243.63 kg ha⁻¹), sin embargo, este fue también inferior al de los tratamientos combinados aquí utilizados.

Estos resultados pueden explicarse por el rol esencial del nitrógeno en la acumulación de biomasa y proteínas en el grano (Medina, 2022), además del efecto estimulante del humus sobre la retención de humedad y la disponibilidad continua de nutrientes, como lo mencionan Compagnoni (2001) y García et al. (2012). Estos hallazgos también están alineados con las recomendaciones de Morilla y Solarte (2014), quienes advierten que el uso exclusivo de fertilizantes químicos disminuye la materia orgánica del suelo, comprometiendo el rendimiento en campañas sucesivas. En cambio, la combinación de insumos orgánicos y químicos asegura un mejor balance nutricional y sostenibilidad a largo plazo.

4.4. Peso de grano por mazorca (g).

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para el peso de grano por mazorca muestra que el factor bloques obtuvo un p-valor de 0.849, superior al nivel de significancia de 0.05, lo

que indica que el peso de granos por mazorcas obtenidos en cada bloque no se diferenciaron estadísticamente, es decir, que los bloques no influyeron en los resultados. Para los tratamientos, el valor de significación (p -valor = 0.0001) fue menor al 0.05, lo que indica una diferencia altamente significativa entre las dosis de Fertiabono aplicadas. Este resultado evidencia que la aplicación del fertilizante tuvo un efecto directo y notable sobre el peso de grano por mazorca. El coeficiente de variación calculado es de 7.50 %, e indica la variación de los resultados del peso de granos por mazorca, además indica que el diseño empleado en el experimento ha sido adecuado.

Tabla 12

Análisis de varianza para el peso de grano por mazorca.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloques	21.372	2	10.686	0.167	0.849
Tratamientos	10911.104	5	2182.221	34.008	<0.0001
Error	641.686	10	64.169		
Total	11574.162	17			

CV = 7.50 %

La Prueba de Tukey (Tabla 13 y Figura 6) realizada para el peso de grano muestra que las combinaciones del NPK con humus fueron las más efectivas, registrando los valores más altos, 128.00 g con NPK + 75% de humus, 126.04 g con NPK + 50% de humus, y 124.09 g con NPK + 25% de humus. Estos tres tratamientos se agruparon en el grupo “A”, lo que indica que no existieron diferencias estadísticas entre ellos, pero sí mostraron una clara superioridad respecto a los demás tratamientos.

El tratamiento con NPK solo obtuvo un valor intermedio de 110.04 g, ubicándose en el grupo “AB”, sin diferenciarse estadísticamente del grupo más alto, pero mostrando mejores resultados que el humus solo. En tanto, el tratamiento con humus de lombriz registró 94.03 g, clasificándose en el grupo “B”, con una eficacia moderada. Finalmente, el testigo sin abono tuvo el rendimiento más bajo, con 58.38 g, y se ubicó en el grupo “C”, siendo estadísticamente inferior a todos los demás tratamientos. Los resultados demuestran que la fertilización

integrada con NPK y humus fue decisiva para incrementar el peso del grano por mazorca, superando ampliamente a los tratamientos simples y especialmente al testigo sin fertilización.

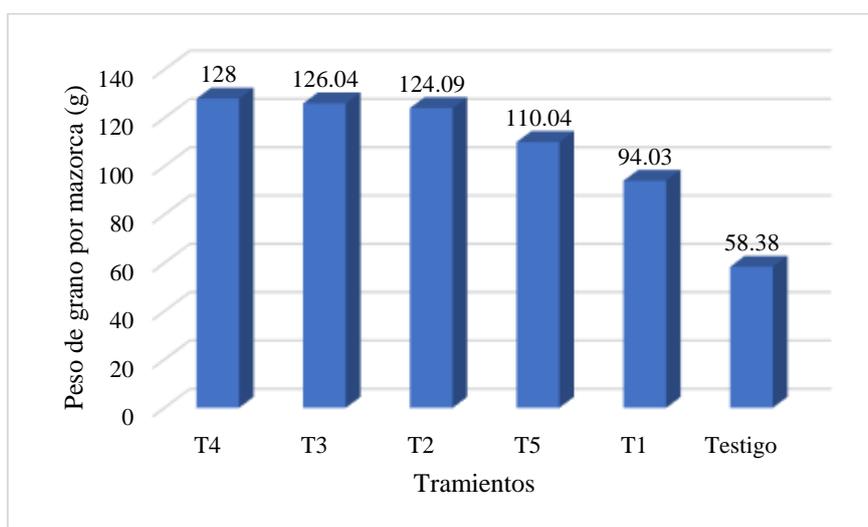
Tabla 13

Prueba de Tukey para el peso de grano por mazorca.

Tratamientos	Peso de grano por mazorca (g)	Agrupación
T4	128.00	A
T3	126.04	A
T2	124.09	A
T5	110.04	AB
T1	94.03	B
Testigo	58.38	C

Figura 6

Peso de grano por mazorca.



Los resultados obtenidos son similares con los encontrados por Farfán y Perales (2021), donde las combinaciones AO + NPK produjeron mayores rendimientos en peso de mazorcas que las fuentes aplicadas de manera aislada. También se confirma lo señalado por Cardona et al. (2021), quienes observaron que la combinación de fertilizantes, particularmente aquellos con componentes minerales, mejoró sustancialmente variables de producción vegetal, incluyendo el peso de grano. Comparativamente, los resultados actuales superan a los de Baque

et al. (2023), quienes reportaron pesos de cien granos de hasta 0.03 kg. Esto implica que las dosis evaluadas en la presente investigación fueron más efectivas en promover el llenado de grano.

Este incremento puede explicarse por el desarrollo eficiente de órganos reproductivos y el mayor contenido de carbohidratos de reserva en los granos, como resultado de una nutrición equilibrada. El desarrollo de granos más pesados se relaciona con la adecuada absorción de fósforo durante las fases de floración y llenado de grano (Medina, 2022), mientras que el potasio contribuye a la translocación de azúcares. Por su parte, el humus de lombriz mejora la retención de agua y reduce el estrés durante los periodos críticos de floración (INIA, 2020), tal como se evidencia en los resultados.

4.5. Rendimiento de grano por hectárea (kg).

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para el rendimiento de grano por hectárea muestra que el factor bloques obtuvo un p-valor de 0.849, superior al nivel de significancia de 0.05, lo que indica que el rendimiento de grano obtenido en cada bloque no se diferenció desde el punto de vista estadístico. Para los tratamientos, que representa las distintas dosis de Fertiabono aplicadas, mostró un p-valor menor a 0.0001, valor que indica una diferencia altamente significativa entre las dosis evaluadas. Este resultado permite afirmar que la aplicación del fertilizante influyó significativamente en el rendimiento de grano por hectárea, y que existen diferencias marcadas según la dosis utilizada. El coeficiente de variación calculado es de 7.50 %, e indica la variación de los resultados del rendimiento de granos, además indica que el diseño empleado en el experimento ha sido adecuado.

Tabla 14

Análisis de varianza para el rendimiento de grano por hectárea.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloques	107078.164	2	53539.082	0.167	0.849
Tratamientos	54660921.555	5	10932184.311	34.016	<0.0001
Error	3213883.210	10	321388.321		
Total	57981882.928	17			

CV = 7.50 %

La Prueba de Tukey (Tabla 15 y Figura 7) aplicada a la variable rendimiento de grano por hectárea (kg) permitió establecer diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El tratamiento con NPK + 75% de humus obtuvo el mayor rendimiento (9059.92 kg ha⁻¹) y se ubicó en el grupo “A”, siendo estadísticamente superior a todos los demás tratamientos. Le siguió el NPK + 50% de humus, con 8921.31 kg ha⁻¹, clasificado en el grupo “B”, lo que indica una alta eficacia, aunque ligeramente inferior al tratamiento de mayor dosis.

El tratamiento con NPK + 25% de humus alcanzó 8782.70 kg ha⁻¹ y se ubicó en el grupo “BC”, mostrando un rendimiento intermedio sin diferenciarse significativamente de los tratamientos inferiores. En contraste, los tratamientos con NPK (7788.82 kg ha⁻¹) y humus solo (6655.74 kg ha⁻¹) se agruparon en el grupo “C”, al igual que el testigo sin fertilización, que registró el menor rendimiento con 4131.82 kg ha⁻¹. Esta clasificación indica que no hubo diferencias estadísticas entre estos tres últimos tratamientos, y que su efectividad fue significativamente menor. Los resultados confirman que la fertilización integrada con NPK y humus, especialmente en proporciones más altas, tuvo un impacto positivo y significativo en el rendimiento del cultivo de maíz morado, superando ampliamente tanto al uso individual de fertilizantes como a la ausencia de fertilización.

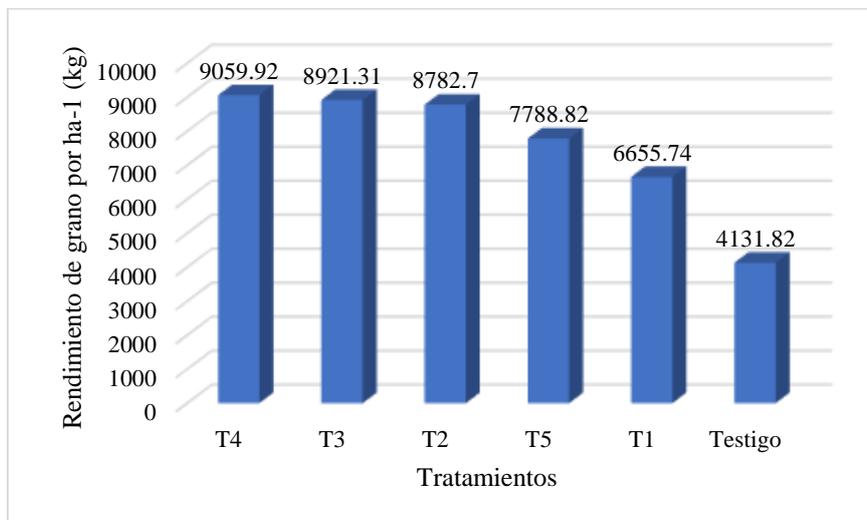
Tabla 15

Prueba de Tukey para el rendimiento de grano por hectáreas.

Tratamientos	Rendimiento de grano por hectárea (kg)	Agrupación
T4	9059.92	A
T3	8921.31	B
T2	8782.70	BC
T5	7788.82	C
T1	6655.74	C
Testigo	4131.82	C

Figura 7

Rendimiento de grano por hectárea.



Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Farfán y Perales (2021) que registraron un máximo de 6.84 t ha^{-1} , mientras que Quintos et al. (2024) obtuvieron rendimientos promedios entre 3.0 y 4.0 t ha^{-1} , aun en los tratamientos mejorados. En comparación, Valle y Velásquez (2019) reportaron 3.24 t ha^{-1} como rendimiento máximo con urea, lo que reafirma que el uso conjunto de abonos orgánicos y químicos es más eficiente para incrementar la productividad del maíz morado. Finalmente, Baque et al. (2023) registraron un rendimiento máximo de $2146.01 \text{ kg ha}^{-1}$.

La mejora en el rendimiento puede explicarse por la sinergia entre la fertilización química y orgánica. Mientras que los fertilizantes minerales proporcionan nutrientes de rápida absorción, el humus contribuye a la liberación progresiva de nutrientes, mejora el microbiota del suelo y fortalece la estructura edáfica (Mendoza, 2016; Medina, 2022). Además, Maquilon (2022) resalta que los abonos orgánicos favorecen la retención hídrica y reducen la dependencia de insumos químicos costosos, como lo advierten Granados y González (2022). Finalmente, los resultados alcanzados confirman que el uso de humus enriquecido con NPK no solo mejora significativamente la productividad del maíz morado, sino que además representa una alternativa agrónomicamente viable y ambientalmente sostenible frente al uso exclusivo de fertilizantes químicos, en coherencia con lo planteado por Farfán y Perales (2020) y con la necesidad de un manejo agrícola más racional y eficiente en la región Cajamarca.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La máxima productividad de maíz morado se logró con la dosis de fertiabono 115N 80P2O5 150K2O más 0.75 t ha⁻¹ humus, alcanzando un rendimiento de 9059.92 kg ha⁻¹, superando significativamente a las demás dosis evaluadas.

En cuanto a los componentes evaluados la dosis de fertiabono 115N 80P2O5 150K2O más 0.75 t ha⁻¹ humus influyó significativamente en la longitud de mazorca (19.78 cm), diámetro de mazorca (6.56 cm), peso de mazorca (174.00 g), peso de grano por mazorca (128.00 g) y rendimiento por hectárea (9059.92 kg ha⁻¹), demostrando su efecto positivo sobre la productividad.

La dosis ideal para maximizar el rendimiento de grano por hectárea de maíz morado fue la combinación de 115N 80P2O5 150K2O más 0.75 t ha⁻¹ humus, que no solo mostró el mayor resultado productivo, sino que también representa una alternativa sostenible y eficiente para la región de Cajamarca.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda continuar con investigaciones que evalúen el efecto de diferentes dosis de fertiabono en diversos lugares, especialmente en suelos con menor fertilidad, con el fin de determinar su eficacia en distintas condiciones agroecológicas; esto permitirá establecer recomendaciones técnicas más precisas y adaptadas a cada zona productiva.

Se recomienda efectuar estudios de rentabilidad del fertiabono, a fin de identificar cuál es la dosis más eficiente y económicamente favorable para los productores agrícolas; de esta manera, se podrán tomar decisiones informadas que optimicen los costos de producción sin afectar el rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Albarracin, J. F., Vaca, W. G. y Trávez, A. M. (2024). Mejoramiento del proceso de elaboración de una bebida a base de coronta de maíz negro (*Zea mays* L.) en la asociación Virgen del Tránsito de la Parroquia Guaytacama. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/596ab2cd-f851-4765-a9c7-81c66c768bb5>
- Andina Agencia Peruana de Noticias. (15 de diciembre de 2012). Recomiendan consumir panetones con colorantes naturales. Recuperado el 02 de mayo de 2018, de <http://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=310806>
- ANDINA. (02 de enero de 2020). Conoce los alimentos morados del Perú que conquistan y deleitan al mundo. Obtenido de Agencia Peruana de Noticias: <https://andina.pe/agencia/noticia-conoce-los-alimentos-morados-del-peru-conquistan-y-deleitan-al-mundo-780115.aspx>
- 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). <https://doi.org/10.51431/par.v4i1.757>
- Baque, E. A., Carpio, M. E. y López, J. B. (2023). Eficiencia agronómica de nitrógeno y producción de maíz (*Zea mays* L.) con fertilización orgánica y mineral en la parroquia el vergel. [Trabajo de Investigación, Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná]. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/2702d5a2-3670-46a6-aa53-307ebb2be590>
- Begazo T, JL. 2013. Marco de siembra en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) “ecotipo Arequipeño” en la irrigación Majes 2012-2013. Universidad Nacional De San Agustín, Arequipa, Perú. 175p
- Beltran-Morales, F. A. et al. (2019) Contenido inorgánico de nitrógeno, fósforo y potasio de abonos de origen natural para su uso en agricultura orgánica. *Terra Latinoam*, vol.37, n.4, pp.371-378. <https://doi.org/10.28940/terra.v37i4.520>.
- Cardona, K. T., Escobar, E. A. Ramírez, L. A. y Rivera, J. F. (2021). Efecto de diferentes tipos de fertilizantes en el crecimiento del maíz criollo, Capachi morado, en el municipio de Andes, Antioquia. *Temas agrarios*, Vol. 26, N°. 2. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9422234>
- Carrera, R., Tayupanta, A., Vela, G. (2021). Rescate del maíz negro como producto ancestral andino aplicado en un macerado basado en una bebida tradicional ecuatoriana.

ECUADORIAN SCIENCE JOURNAL VOL. xx No. X. <https://yavirac.edu.ec/wp-content/uploads/2024/05/11.pdf>

- Compagnoni, L. y Putzolu, G. (2001). Cría de las lombrices y utilización rentable del humus.
- Cruz Mamani, E. H. (2022). Análisis de rentabilidad de dos híbridos de maíz morado (*zea mays* L.) con aplicaciones de abonos orgánicos y fertilizantes químicos en el fundo los pichones Tacana -2019. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/4657>
- Delgado Díaz, J. P. (2021). Comparativo de rendimiento y adaptabilidad de tres variedades de maíz morado en el distrito de San Juan – Cajamarca. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional.
- Díaz Cerquín, D. (2021). Efecto de tres dosis de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en el cultivo de sauco (*Sambucus peruviana* L.). [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional.
- Farfán, H. y Perales, A. (2021). Efecto de la fertilización orgánica mineral sobre la producción de maíz morado (*Zea mayz* L.). Revista siglo XXI, Vol. 1. <https://doi.org/10.54943/rcsxxi.v1i1.14>
- Fuentes, M. R. 2002. El cultivo de maíz en Guatemala una guía para su manejo agronómico. ICTA.
- Gabriel, P., Loza, M., Mamani, F., Sainz, H. (2011) Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. Journal of the Selva Andina Research Society, vol. 2, núm. 2. <https://www.redalyc.org/pdf/3613/361333624004.pdf>
- Granados M., L. C., y González T., J. (2022). Situación actual y perspectivas del mercado de fertilizantes en el mundo. Boletín el palmicultor,605(julio),8-9. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/view/13848>
- INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA - INIA. (2014). Maíz morado INIA 601: variedad de maíz morado para la sierra norte del Perú. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/65>
- INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA - INIA. (2020). Manual técnico del cultivo de maíz amarillo duro. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria.

- Justiniano Aysanoa, E. (2010). Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (*Zea mays* L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de la Molina. [Tesis de Posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina.]. repositorio institucional.
- Llanos, C.M. 1984. “El Maíz su Cultivo y Aprovechamiento”. Edit. Mundi – Prensa. Castello. 318 p.
- Manrique, A. 1997. El maíz en el Perú. Segunda Edición Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Lima, Perú.
- Maquilon Hernández, A. E. (2022). Caracterización físico – química de los principales abonos orgánicos comerciales, utilizados en la zona de Babahoyo [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Babahoyo]. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11319>
- Medina, A. (2022). Guía de Manejo del Cultivo de Maíz Morado (*Zea mays* L.). Instituto Nacional de Innovación Agraria. ISBN: 978-9972-44-093-9
<https://pgc-snia.inia.gob.pe:8443/jspui/handle/20.500.12955/1692>
- Ministerio de Agricultura Desarrollo agrario y Riego (MIDAGRI). 2021. El Maíz Amiláceo. Principales aspectos de la cadena agroproductiva. Dirección General de Competitividad Agraria. Dirección de Información Agraria. Jr. Yauyos 258- Lima. 38 p.
<http://agroaldia.minagri.gob.pe/>
- Morales Valdiviezo, M. D. y Muñoz Agreda, J. E. (2020). Efecto de la adición de harina de maíz morado y ácido ascórbico en las características tecnológicas de panetones [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3560>
- Morilla, D., y Solarte, S. (2014). Evaluar el crecimiento y producción de maíz a base de estiércol de cuy en la granja sucre de la institución educativa de desarrollo rural la unión (Nariño). Trabajo de tesis. Institución educativa de desarrollo rural la unión.
<https://pres.com/lthmahyh11b/elaboracion-de-abono-a-base-de-estiercol-de-cuy/>
- Ocáriz, C., García, F. y García, M. (2017). Estudio de las propiedades químicas y biológicas de un suelo tras la aplicación de compost como manejo post-incendio. Caso de estudio mega-incendio de Chile. [Tesis de Grado, Universidad Miguel Hernández].
<https://dspace.umh.es/handle/11000/27202>
- Paliwal, R.L. 2001. El maíz en los trópicos, mejoramiento y producción. FAO, Roma, Italia. (sp). <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s00.htm>

- Pinedo T, RE. 2015. Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mayz* L.) en la localidad de Canaán - Ayacucho. Tesis Sc. Mg. En producción agrícola. UNALM, Lima, Perú. 106p
- Quintos, I., Chilcon, W. y Padilla, A. (2024). Efecto de la fertilización orgánica, en el rendimiento y calidad de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad INIA 601 en la provincia de Cutervo, región Cajamarca. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/12962>
- Quispe, J.; Arroyo, K.; Gorriti, A. 2007. Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa- Perú proyecto No. 317-2007-CONCYTEC.
- Rabanal, M., & Medina, A. (2021). Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *Terra Latinoamericana*, 39, e808. Epub 05 de abril de 2021. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>
- Ramírez, J. (2017). Alternativas tecnológicas para el cultivo de maíz (*Zea mays*) en las condiciones de La Esmeralda en Arauquita. [Trabajo de Grado, Universidad de La Salle]. <https://ciencia.lasalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/76ca8407-fd7a-4769-a018-02b727e55175/content>
- Reyes C, P. 1990. El Maíz y su cultivo. Primera Edición. AGT Editor S.A México 460p.
- Ricse Molina, M. y Pinche Shareva, E. (2020). Evaluación de la influencia de fertilizantes químicos en calidad de suelos agrícolas [tesis de bachiller, universidad peruana unión]. Lima- Perú. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3206/Mariluz_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Risco, M. 2007. Conociendo la cadena productiva del maíz morado en Ayacucho. Solid -Perú. 88 p.
- Sevilla, R., y Valdez, A. 1985. Estudio de factibilidad del cultivo de maíz morado. Fondo de Promoción y Exportación (FOPEX). Lima, Perú. 46 p.
- Su García, N.C. y Arostegui Alfaro, N. Z. (2020). Comparación de eficiencia de bioabono bocashi (elaborado de restos de pescado y suelo) y fertilizante químico en el desarrollo de allium cepa [tesis de bachiller, universidad peruana unión]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3241>
- Takhtajan, A. 1980. Outline of classification of flowering plants (Magnoliophyta). *The Botanical Review*. New York, Estados Unidos. 46: 225-226, 316-318.

- Tapia, M y Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima, Perú. 209p. <https://keneamazon.net/Documents/Publications/VirtualLibrary/Biodiversidad/71.pdf>
- Tocagni, 1982. El maíz. Editorial albatros. Buenos aires- argentina. Universidad Nacional de Cajamarca. PUBLICADO EL 12 – MAR. 2013. gacetauniversitaria/UNC.
- Torres Carranza, G.E y Hoyos zorrilla, G. (2021). Efecto de la aplicación de guano de isla y humus de lombriz en el rendimiento del cultivo de beterraga (*Beta vulgaris* L.). [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5999>
- Trujillo, A. S. (2020). Incidencia de insectos en el cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) bajo condiciones de la molina. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://45.231.83.156/handle/20.500.12996/4618>
- Valera Mantilla, P. O. (2019). Efecto de la altitud en el rendimiento y en el contenido de antocianinas de maíz morado (*zea mays* L.) en el distrito de Ichocán. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional.
- Valle López, H.S., y Velásquez, M.L. (2019). Evaluacion de fertilizantes sintéticos y organica en el cultivo de maíz (*zea mays* L.) variedad NB-6 bajo riego por microaspersión en la finca el Plantel [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3833>
- Vivas, D. y Guadalupe, D. (2020). Efectos de la contaminación por agroquímicos en agua y suelo [Trabajo de investigación para optar el grado de bachiller, universidad científica del sur]. <https://hdl.handle.net/20.500.12805/1527>

ANEXOS

Tabla 16*Resultados de longitud de mazorca (cm).*

Bloque	Tratamientos					
	Testigo	T1	T2	T3	T4	T5
BI	13.98	16.43	16.36	18.39	20.76	14.59
BII	12.99	15.08	17.73	20.51	18.69	17.39
BIII	11.85	14.15	19.63	18.98	19.89	15.68

Tabla 17*Resultados de diámetro de mazorcas (cm).*

Bloque	Tratamientos					
	Testigo	T1	T2	T3	T4	T5
BI	3.90	4.60	5.35	5.93	6.63	5.13
BII	4.28	3.90	4.93	6.66	6.15	4.33
BIII	3.65	5.60	6.10	5.35	6.90	4.90

Tabla 18*Resultados de peso de mazorcas (g)*

Bloque	Tratamientos					
	Testigo	T1	T2	T3	T4	T5
BI	105.00	130.50	176.13	166.25	174.38	156.13
BII	98.00	138.75	170.88	172.38	178.88	165.50
BIII	110.13	150.85	163.25	177.50	168.75	146.50

Tabla 19*Rendimiento de peso de grano por mazorca (g).*

Bloque	Tratamientos					
	Testigo	T1	T2	T3	T4	T5
BI	59.00	84.50	130.13	120.25	128.38	110.13
BII	52.00	92.75	124.88	126.38	132.88	119.50
BIII	64.13	104.85	117.25	131.50	122.75	100.50

Tabla 20

Resultados del rendimiento de grano por hectárea (kg).

Bloque	Tratamientos					
	Testigo	T1	T2	T3	T4	T5
BI	4176.06	5980.96	9210.33	8511.37	9086.46	7794.72
BII	3680.59	6564.90	8838.73	8944.90	9404.98	8458.29
BIII	4538.81	7421.35	8299.03	9307.65	8688.32	7113.45

Figura 8

Resultados del análisis de suelo.



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



INFORME DE ENSAYO
N° 010137-23 / SU / LABSAF - BAÑOS DEL INCA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: LUIS ALFREDO PISCO ALVAREZ
Propietario / Productor	: LUIS ALFREDO PISCO ALVAREZ
Dirección del cliente	: CASERIO SUCCHABAMBA-MAGDALENA
Solicitado por	: CLIENTE
Muestreado por	: CLIENTE
Número de muestra(s)	: 1
Producto declarado	: Suelo
Presentación de las muestras(s)	: BOLSA DE PLÁSTICO
Referencia del muestreo	: RESERVADO POR EL CLIENTE
Procedencia de muestra(s)	: SUCCHABAMBA-MAGDALENA/CAJAMARCA
Fecha(s) de muestreo	: 2023-04-30 2023-05-02
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2023-05-02
Lugar de ensayo	: LABSAF BAÑOS DEL INCA
Fecha(s) de análisis	: Del 2023-05-03
Cotización del servicio	: 130-33-81
Fecha de emisión	: 2023-05-23



Pro: **LABSAF**

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM				1						
Codigo de Laboratorio				SU293-BI-23	-	-	-	-	-	-
Matriz Analizada				Suelo	-	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo				2023-04-30	-	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)				09:00	-	-	-	-	-	-
Condición de la muestra				Conservada	-	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)				LUIS ALFREDO PISCO	-	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC		Resultados						
pH	unid. pH	0,1	6,7	-	-	-	-	-	-	-
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Conductividad Eléctrica	mS/m	0,1	4,1	-	-	-	-	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,1	2,6	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo Disponible	mg/kg	-	32,82	-	-	-	-	-	-	-
Textura				-	-	-	-	-	-	-
Árena	%	-	55	-	-	-	-	-	-	-
Arcilla	%	-	24	-	-	-	-	-	-	-
Limo	%	-	21	-	-	-	-	-	-	-
Clase Textural	-	-	Franco Arenoso	-	-	-	-	-	-	-
Potasio Disponible (*)	mg/kg	-	115,7	-	-	-	-	-	-	-




Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF (Nombre)
Dirección: (Dirección del laboratorio)
Email: (correo de contacto del laboratorio)

F-46 / Ver.03
www.inia.gob.pe

Página 1 de 4

Figura 9

Formula de abonamiento según resultados de laboratorio.

RECOMENDACIONES

Codigo de Muestra	Cultivo a Instalar	Cantidades de Nutriente Kg/Ha			Cantidades en Tn/Ha	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	ESTIERCOL
BU293-01-23	MAIZ	115	80	150	—	3.50

PLAN DE FERTILIZACION QUIMICA					PLAN DE ABONO ORGANICO	
Primera Fertilización Kg/Ha - Siembra		Programa de Fertilización	Siembra	Aporque	Abonamiento Kg/Ha - Siembra	
Urea		N				
Fosfato Diamonico		P ₂ O ₅				
Sulfato de Potasio		K ₂ O				
Segunda Fertilización Kg/Ha - Aporque		Fuente	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Azufre
Urea		Urea				

COMENTARIOS:

Figura 10

Resultados del análisis de humus de lombriz.

INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : GROVER HOYOS ZORRILLA
 PROCEDENCIA : CAJAMARCA/ CAJAMARCA/ CAJAMARCA/ FUNDO LA VICTORIA UNC
 MUESTRA : HUMUS DE LOMBRIZ
 REFERENCIA : H.R. 71843
 BOLETA : 4034
 FECHA : 24/02/20

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dSm	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
174		7.49	5.22	59.90	1.50	1.81	4.89

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
174		3.81	0.95	38.43	0.17

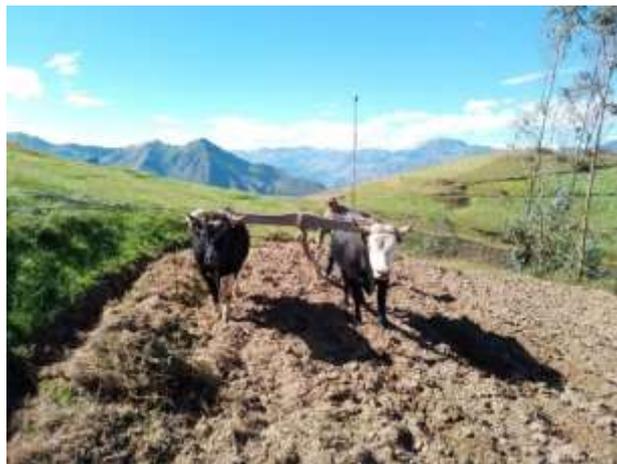
Ing. Braulio La Torre Martínez - Jefe de Laboratorio

Figura 11

Preparación del terreno.

**Figura 12**

Surcado.

**Figura 13**

Fertilizantes químicos Urea, cloruro de potasio y super fosfato triple.



Figura 14

Mezcla de abono orgánico y fertilizantes en porcentaje.

**Figura 15**

Siembra.

**Figura 16**

Riegos del cultivo de maíz.



Figura 17

Aporque del cultivo.

**Figura 18**

Vista de la parcela experimental.

**Figura 19**

Cosecha de maíz morado.



Figura 20

Evaluación de rendimiento de maíz morado.

