

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN EL RENDIMIENTO DE TRES
HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea Mays* L.) EN EL DISTRITO DE QUELLOUNO -
LA CONVENCIÓN - CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. CARLIN PANIURA ROQUE

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AGRÓNOMO**

ASESOR:

Mgt. LUIS JUSTINO LIZARRAGA VALENCIA

CUSCO - PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor Mgt. Luis Justino Lizarraga Valencia.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN EL
RENDIMIENTO DE TRES HÍBRIDOS DE MAÍZ (2da. Mayra L.) EN
EL DISTRITO DE QUELLONDO - 2a. CONVERSIÓN, CUSCO.....

Presentado por: Carlos Pantoja Roque..... DNI N° 73250778;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de Ingeniero Agrónomo.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 16 de setiembre..... de 2026.....

[Firma]
Firma

Post firma Luis J. Lizarraga Valencia

Nro. de DNI 23902170

ORCID del Asesor 000.00001-5600-7998

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:598818483

Tesis maíz Carlin 16-09-26.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:625541149

Fecha de entrega

16 sep 2026, 10:07 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

16 sep 2026, 10:23 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

Tesis maíz Carlin 16-09-26.pdf

Tamaño del archivo

1.9 MB

123 páginas

24.325 palabras

138.733 caracteres

9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
96 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A Dios, por concederme la vida, la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta investigación, que representa un aporte al conocimiento sobre el manejo agronómico del cultivo de maíz.

A mi padre, Alejandro Paniura Zúñiga, y a mi madre, Santusa Roque Vivanco, por su amor incondicional, sacrificio, apoyo constante y confianza en mis capacidades. Gracias por inculcarme valores, enseñarme a nunca rendirme y motivarme permanentemente para alcanzar mis metas personales y profesionales.

A mis hermanos, Alex y Alfredo, por su compañía, comprensión y apoyo durante este proceso académico. Su aliento y confianza fueron una fuente permanente de inspiración para culminar esta importante etapa de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y a la Facultad de Agronomía y Zootecnia, por brindarme la formación para llevar a cabo esta investigación.

Mi sincero agradecimiento a mis asesores y docentes, por sus orientaciones, sus conocimientos, por sus valiosas recomendaciones metodológicas y por su permanente disposición para guiarme en cada etapa del trabajo.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de manera directa o indirecta, contribuyeron con este proyecto, y cuyo aporte ha sido fundamental para lograr este resultado.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
I. PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO	3
1.1. Identificación del problema objeto de investigación	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	4
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	5
2.1. Objetivo general	5
2.2. Objetivos específicos	5
2.3. Justificación.....	6
III. HIPÓTESIS.....	7
3.1. Hipótesis general	7
3.2. Hipótesis específicas.....	7
IV. MARCO TEÓRICO.....	8
4.1. Antecedentes de la investigación	8
4.1.1. Antecedentes internacionales	8
4.1.2. Antecedentes nacionales.....	8
4.1.3. Antecedentes locales.....	10
4.2. Marco teórico.....	12
4.2.1. El maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	12
4.2.1.1. Clasificación taxonómica del maíz.....	12
4.2.1.2. Descripción morfológica del maíz	13
4.2.1.3. Etapa vegetativa del maíz.....	15
4.2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos	18
4.2.1.5. Manejo agronómico del cultivo	21
4.2.1.6. Variedades de maíz en estudio.....	21
4.3. Marco conceptual	23
4.3.1. Rendimiento	23
4.3.2. Híbrido de maíz	23
4.3.3. Variedad	24

4.3.4.	Germinación de semilla	24
4.3.5.	Emergencia de semillas	24
4.3.6.	Madurez fisiológica	24
4.3.7.	Peso hectolítrico	24
4.3.8.	Dosis de fertilización	25
4.3.9.	Fertilización orgánica	25
4.3.10.	Fertilización inorgánica	25
4.3.11.	Urea	25
4.3.12.	Fosfato diamónico	26
4.3.13.	Híbrido de maíz	27
4.3.14.	Rendimiento agrícola.....	27
4.3.15.	Dosis óptima.....	27
4.3.16.	Calidad del grano de maíz.....	27
4.3.17.	Prolificidad	27
4.3.18.	Características agronómicas.....	28
V.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	29
5.1.	Generalidades de la investigación.....	29
5.1.1.	Tipo de investigación: explicativo	29
5.1.2.	Ubicación.....	29
5.2.	Materiales y métodos	32
5.2.1.	Materiales	32
5.2.2.	Metodología.....	33
5.2.3.	Características de la parcela experimental	35
5.2.4.	Actividades antes del experimento	39
5.2.5.	Conducción del experimento	40
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
6.1.	Determinación de la dosis óptima de fertilización para maximizar el rendimiento de los híbridos	58
6.1.1.	Rendimiento de maíz	59
6.2.	Determinación de la dosis de fertilización e híbrido con mejores características agronómicas.....	63
6.2.1.	Altura de planta a la floración.....	63

6.2.2.	Altura de inserción de mazorca.....	67
6.2.3.	Prolificidad	70
6.2.4.	Peso de granos por mazorcas	74
6.2.5.	Longitud de mazorca	77
6.2.6.	Diámetro de mazorca.....	80
6.2.7.	Hileras por mazorca.....	83
6.2.8.	Numero de granos por fila en mazorca	86
6.3.	Determinación de la relación entre las dosis de fertilización y la calidad del grano.....	89
6.3.1.	Peso hectolítrico	90
VII.	CONCLUSIONES	92
VIII.	RECOMENDACIONES	93
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

Índice de tablas

Tabla 1. Etapa vegetativa.....	15
Tabla 2. Etapa reproductiva del maíz.....	18
Tabla 3. Distancias y tiempos de recorridos al lugar del experimento.....	30
Tabla 4. Características de tratamientos.....	38
Tabla 5. Nivel de fertilización bajo.....	44
Tabla 6. Etapas de aplicación de fertilizante- nivel de fertilización bajo.....	45
Tabla 7. Nivel de fertilización bajo.....	46
Tabla 8. Etapas de aplicación de fertilizante- nivel de fertilización alto.....	47
Tabla 9. Nivel de fertilización alto.....	48
Tabla 10. Etapas de aplicación de fertilizante- nivel de fertilización alto.....	49
Tabla 11. Rendimientos obtenidos de los tratamientos	58
Tabla 12. Análisis de varianza del rendimiento	59
Tabla 13. Prueba de Tukey peso de granos por planta	60
Tabla 14. Altura de planta a la floración.....	63
Tabla 15. Análisis de varianza de altura de planta a la floración.....	63
Tabla 16. Prueba de Tukey de altura de planta a la floración.....	64
Tabla 17. Altura de inserción de mazorca.....	67
Tabla 18. Análisis de varianza de altura de inserción de mazorca.....	67
Tabla 19. Prueba de Tukey altura de inserción de mazorca	68
Tabla 20. Altura de inserción de mazorca.....	70
Tabla 21. Análisis de varianza - altura de inserción de mazorca	71
Tabla 22. Prueba de Tukey prolificidad.....	72
Tabla 23. Peso de granos por mazorca.....	74
Tabla 24. Análisis de varianza - peso de granos por mazorca.....	74
Tabla 25. Prueba de Tukey peso de granos por mazorca	75
Tabla 26. Longitud de mazorca.....	77
Tabla 27. Análisis de varianza - longitud de mazorca.....	77
Tabla 28. Prueba de Tukey longitud de mazorca	78
Tabla 29. Diámetro de mazorca	80
Tabla 30. Análisis de varianza diámetro de mazorca	80
Tabla 31. Prueba de Tukey diámetro de mazorca	81
Tabla 32. Hileras por Mazorca.....	83
Tabla 33. Análisis de varianza hileras por Mazorca.....	84
Tabla 34. Prueba de Tukey hileras por mazorca	84
Tabla 35. Granos por fila	86
Tabla 36. Análisis de varianza granos por fila	87
Tabla 37. Prueba de Tukey del número de granos por fila	87
Tabla 38. Peso hectolítrico obtenido de maíz.....	90
Tabla 39. Análisis de varianza peso hectolítrico	90

Índice de figuras

Figura 1. Morfología de la planta de maíz	13
Figura 2. Ubicación del experimento	30
Figura 3. Croquis de distribución de los tratamientos.....	37
Figura 4. Distribución de plantas en la parcela experimental	37
Figura 5. Preparación del terreno	40
Figura 6. Marcado y trazado de la parcela experimental	41
Figura 7. Deshierbe del terreno	42
Figura 8. Control fitosanitario	43
Figura 9. Preparación de los abonos para fertilización	44
Figura 10. Aplicación de fertilizante.....	46
Figura 11. Cosecha de maíz con la identificación de cada tratamiento	50
Figura 12. Medición de la altura de inserción de mazorca	53
Figura 13. Pesaje de mazorca.....	54
Figura 14. Medición de la altura de mazorca	55
Figura 15. Medición del diámetro de mazorca	55
Figura 16. Conteo de numero de granos por fila	56
Figura 17. Determinación del peso hectolitrico.....	57
Figura 18. Comparación de peso de granos por planta.....	61
Figura 19. Rendimiento de maíz	62
Figura 20. Comparación de altura de planta a la floración	66
Figura 21. Altura de plantas a la floración	66
Figura 22. Comparación de inserción de mazorca	69
Figura 23. Altura de inserción de mazorca.....	70
Figura 24. Comparación de prolificidad por híbrido	73
Figura 25. Prolificidad	73
Figura 26. Comparación de peso de granos por mazorca por hibrido	76
Figura 27. peso promedio de granos por mazorca.....	76
Figura 28. Comparación de longitud de mazorca por híbrido	79
Figura 29. Longitud de mazorca	79
Figura 30. Comparación de diámetro de mazorca.....	82
Figura 31. Diámetro de mazorca.....	83
Figura 32. Comparación de hileras por mazorca.....	85
Figura 33. Hileras por mazorca.....	86
Figura 34. Comparación de número de granos por fila	89
Figura 35. Hileras por mazorca.....	89
Figura 36. Comparación de peso hectolítrico.....	91
Figura 37. Peso hectolítrico	91

RESUMEN

La investigación se realizó en el distrito de Quellouno, provincia de La Convención, Cusco, a 1412 m s.n.m., entre diciembre de 2024 y abril de 2025. El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilización en el rendimiento, características agronómicas y calidad de grano de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.): ADV 9139, Marginal 28 Tropical y Dekalb 7500. Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial 3×4 , correspondiente a tres híbridos y cuatro niveles de fertilización, con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que la dosis D3 (150-60-90) alcanzó el mayor rendimiento, con 2.742 t/ha. El híbrido Marginal 28 Tropical presentó la mayor altura de planta a la floración (253.36 cm), mientras que D3 registró la mayor altura de inserción de mazorca (133.23 cm). El híbrido Dekalb 7500 destacó en prolificidad (1.13 mazorcas por planta), peso de mazorca (199.73 g) y número de hileras por mazorca (16.84). El híbrido ADV 9139 presentó mayor longitud de mazorca (17.08 cm) y número de granos por fila (36.02), mientras que D2 (110-60-40) alcanzó el mayor diámetro de mazorca (5.52 cm). El peso hectolítrico no presentó diferencias estadísticas significativas. Se concluye que las dosis de fertilización influyeron significativamente en diversas características agronómicas y componentes del rendimiento, y que los híbridos mostraron respuestas diferenciadas bajo las condiciones edafoclimáticas de Quellouno.

Palabras clave: Híbrido de maíz, Fertilización, Características agronómicas.

ABSTRACT

The research was conducted in the Quellouno district, La Convención province, Cusco, at an altitude of 1,412 meters above sea level, between December 2024 and April 2025. The objective was to evaluate the effect of different fertilization rates on the yield, agronomic characteristics, and grain quality of three maize hybrids (*Zea mays* L.): ADV 9139, Marginal 28 Tropical, and Dekalb 7500. A Randomized Complete Block Design (RCBD) was used with a 3×4 factorial arrangement—comprising three hybrids and four fertilization levels—with four replications. The results showed that fertilization rate D3 (150-60-90) achieved the highest yield, at 2.742 t/ha. The Marginal 28 Tropical hybrid exhibited the greatest plant height at flowering (253.36 cm), while D3 recorded the highest ear insertion height (133.23 cm). The Dekalb 7500 hybrid stood out in terms of prolificacy (1.13 ears per plant), ear weight (199.73 g), and number of rows per ear (16.84). The ADV 9139 hybrid showed the greatest ear length (17.08 cm) and number of grains per row (36.02), whereas D2 (110-60-40) achieved the largest ear diameter (5.52 cm). No statistically significant differences were observed regarding hectoliter weight. It is concluded that fertilization rates significantly influenced various agronomic characteristics and yield components, and that the hybrids showed differential responses under the edaphoclimatic conditions of Quellouno.

Keywords: Maize hybrid, Fertilization, Agronomic characteristics..

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial constituyendo un alimento básico para la población humana. De acuerdo con la FAO (2023), el rendimiento a nivel mundial es de 5.8 toneladas por hectárea y ocupa el primer lugar en producción de cereales, representando una fuente estratégica de energía y proteínas que contribuyen a la seguridad alimentaria y nutricional de millones de personas.

En el Perú, el maíz amarillo duro se posiciona como el tercer cultivo de mayor relevancia económica y productiva, constituyéndose en un componente estratégico de la cadena agroalimentaria. Su importancia se sustenta en su amplia utilización como materia prima para la formulación de alimentos balanceados, gracias a su alto aporte energético, valor nutritivo y contenido de carotenoides, características que favorecen la producción de carne de aves y porcinos (Hidalgo, 2013). Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Midagri), la producción en el Perú en el año 2025 fue de 1,321,213.95 toneladas; los rendimientos del cultivo presentan diferencias entre las regiones del país, alcanzando un rendimiento promedio de 5.133 t/ha con una superficie cosechada de 257,390 has. Asimismo, el consumo per cápita nacional se estima en 8,5 kg por habitante al año.

De acuerdo al Midagri, en la región Cusco durante el año 2025 la producción de maíz fue de 7,123.16 t, con un área cosechada de 2,806 has y un rendimiento de 2.539 t/ha; las principales áreas de producción se localizan en las provincias de La Convención, Calca particularmente en el distrito de Yanatile, Paucartambo, específicamente en el distrito de Kosñipata y la provincia de Anta; debido a que estas zonas presentan condiciones edafoclimáticas favorables para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, pese a contar con un entorno adecuado para la producción de maíz, la limitada aplicación de criterios técnicos en la planificación y manejo de la fertilización continúa representando una restricción significativa para el aprovechamiento eficiente de su potencial productivo. En consecuencia, la adopción de estrategias de fertilización basadas en fundamentos técnicos y en las necesidades nutricionales del cultivo resulta fundamental para mejorar los niveles de rendimiento y sostenibilidad de la producción.

En el distrito de Quellouno, provincia de La Convención, región Cusco, en el año 2025 la producción de maíz fue de 1,060.50 has con una superficie cosechada de 419 has y un rendimiento de 2.531 t/ha. Estos rendimientos alcanzados suelen ser inferiores al potencial productivo de los híbridos disponibles, debido a limitaciones en el manejo de la fertilización. Esta situación genera incertidumbre en la toma de decisiones técnicas y económicas, reduciendo la rentabilidad del cultivo y afectando la sostenibilidad de la actividad agrícola.

Frente a esta problemática, resulta necesario desarrollar investigaciones que permitan establecer criterios técnicos de fertilización adaptados a las condiciones agroecológicas del distrito de Quellouno. El maíz es un cultivo con elevados requerimientos nutricionales, particularmente de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), elementos esenciales para el crecimiento, desarrollo y formación del rendimiento. Diversos estudios señalan que, para producir una tonelada de grano, el cultivo requiere aproximadamente entre 20 y 30 kg de N, de 8 a 12 kg de P_2O_5 y de 20 a 35 kg de K_2O , aunque estos requerimientos pueden variar según el híbrido, las condiciones edafoclimáticas y el nivel de productividad esperado. En este contexto, la aplicación de dosis inadecuadas de fertilización puede limitar la expresión del potencial genético de los híbridos y reducir la eficiencia en el uso de nutrientes. Por consiguiente, la evaluación de diferentes dosis de fertilización permitirá identificar la combinación más adecuada para maximizar el rendimiento y mejorar características agronómicas como la altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y producción de grano. Asimismo, los resultados contribuirán a formular recomendaciones técnicas orientadas a incrementar la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad del cultivo de maíz en el distrito de Quellouno.

En este contexto, la presente investigación se orienta a evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilización en el rendimiento de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en el distrito de Quellouno, La Convención, con el propósito de generar información científica aplicable al manejo agronómico del cultivo en la zona de estudio.

I. PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO

1.1. Identificación del problema objeto de investigación

El cultivo de maíz constituye una de las principales actividades agrícolas en el distrito de Quellouno; sin embargo, su productividad se encuentra limitada por el manejo inadecuado de la fertilización. En muchos casos, los agricultores aplican fertilizantes de manera empírica, sin considerar los requerimientos nutricionales específicos del cultivo ni la respuesta diferencial de los híbridos frente a distintos niveles de nutrientes. Esta práctica ocasiona deficiencias o excesos de fertilización que afectan el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo.

Asimismo, en el distrito de Quellouno existe una limitada disponibilidad de información científica respecto al efecto de la fertilización sobre el rendimiento, las características agronómicas y la calidad del grano en híbridos de maíz. Esta situación dificulta el conocimiento del comportamiento agronómico de los diferentes híbridos bajo distintas dosis de fertilización en las condiciones edafoclimáticas propias de la zona. En consecuencia, la escasez de estudios locales dificulta la formulación de recomendaciones técnicas confiables orientadas a optimizar el uso de fertilizantes, mejorar la eficiencia nutricional del cultivo y maximizar el potencial productivo de los híbridos empleados por los agricultores.

Frente a esta situación, resulta necesario desarrollar estudios experimentales que evalúen la interacción entre diferentes dosis de fertilización y distintos híbridos de maíz. Los resultados permitirán identificar las combinaciones más eficientes para mejorar las características agronómicas de la planta y el rendimiento del cultivo, contribuyendo a la generación de recomendaciones técnicas que favorezcan una producción más sostenible, rentable y competitiva en el distrito de Quellouno-La Convención.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de las diferentes dosis de fertilización en el rendimiento, características agronómicas y calidad de grano de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en el distrito de Quellouno, La Convención - Cusco?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la dosis óptima de fertilización para maximizar el rendimiento de los híbridos de maíz cultivados en el distrito de Quellouno, La Convención - Cusco?
- ¿Cuál es la dosis de fertilización e híbrido de maíz con mejor efecto en las características agronómicas de la planta?
- ¿Cuál es la relación entre las dosis de fertilización y la calidad del grano de maíz cultivados en el distrito de Quellouno, La Convención - Cusco?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de las diferentes dosis de fertilización en el rendimiento, características agronómicas y calidad de grano de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en el distrito de Quellouno, La Convención - Cusco.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la dosis óptima de fertilización que permita maximizar el rendimiento de los híbridos de maíz (*Zea mays* L.) evaluadas en el distrito de Quellouno, La Convención - Cusco.
- Determinar la dosis de fertilización e híbrido de maíz con mejor efecto en las características agronómicas de la planta.
- Determinar la relación entre las dosis de fertilización y la calidad del grano de maíz evaluados en el distrito de Quellouno, La Convención - Cusco.

2.3. Justificación

La presente investigación se justifica por la necesidad de generar información técnica y científica sobre el efecto de diferentes dosis de fertilización en el rendimiento, las características agronómicas y la calidad de grano de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo las condiciones agroecológicas del distrito de Quellouno, La Convención. La identificación de las dosis de fertilización y los híbridos con mejor desempeño permitirá optimizar el manejo nutricional del cultivo, favoreciendo un uso eficiente de los fertilizantes, la reducción de costos de producción y el incremento de la productividad y calidad del grano. Asimismo, los resultados contribuirán a fortalecer la toma de decisiones de los productores locales, mejorar la rentabilidad del cultivo, promover prácticas agrícolas sostenibles mediante el uso racional de insumos y aportar evidencia científica que sirva como base para futuras investigaciones relacionadas con la producción de maíz en la región.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

Las diferentes dosis de fertilización mejoran significativamente el rendimiento, características agronómicas y calidad de grano de los híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en el sector Buena Vista, distrito de Quellouno-La Convención - Cusco.

3.2. Hipótesis específicas

- Las diferentes dosis de fertilización influyen significativamente en el rendimiento de los híbridos de maíz (*Zea mays* L.) cultivados en el distrito de Quellouno, La Convención - Cusco.
- Existen diferencias significativas en la dosis de fertilización y las características agronómicas de la planta.
- Existen diferencias significativas en la relación entre las dosis de fertilización y la calidad del grano de maíz cultivados en el distrito de Quellouno, La Convención - Cusco.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes de la investigación

4.1.1. Antecedentes internacionales

Velásquez (2017) Velásquez (2017), en su investigación titulada Efectos de poblaciones y fertilización en tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en la zona de Babahoyo, realizada en la Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador, evaluó el comportamiento de tres híbridos de maíz bajo diferentes poblaciones y niveles de fertilización. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los híbridos en las características evaluadas, con excepción del número de mazorcas por planta, evidenciándose además diversidad genética entre los genotipos debido a su condición heterocigótica. El híbrido DK 7088 alcanzó el mayor rendimiento de grano, con 6.79 t/ha, superando en 18.09 % y 25.64 % a los híbridos Gladiador 688 e INIA H-602, respectivamente, con diferencias significativas entre ellos. Asimismo, los distanciamientos de siembra combinados con los niveles de fertilización química influyeron significativamente en las características evaluadas. Con el nivel de fertilización de 180-30-80-35-20 kg/ha de N-P-K-S-Mg se obtuvieron plantas con mayor altura de inserción de mazorca, resultado atribuido al elevado nivel de nitrógeno aplicado. Estos resultados evidencian que el comportamiento agronómico y el rendimiento del maíz están influenciados tanto por el híbrido utilizado como por el manejo de la fertilización y la población de plantas.

4.1.2. Antecedentes nacionales

Chancafe y Maldonado (2021) en la investigación titulada Morfología y biología floral del híbrido de maíz INIA 619 bajo cuatro niveles de fertilización al suelo en Monsefú, región Lambayeque, 2018, evaluaron el efecto de diferentes niveles de fertilización sobre las características morfológicas y agronómicas del híbrido INIA 619. Los resultados evidenciaron un efecto altamente significativo de los niveles de fertilización en el número de hojas superiores y número de hojas por planta ($p < .01$). Asimismo, determinaron que la ubicación presentó un efecto altamente significativo ($p \leq .01$) sobre la altura de mazorca, altura de planta y número de hojas por planta, y un efecto significativo ($p \leq .05$) sobre el ancho de hoja, aspecto de mazorca, espesor de tallo, número de hojas superiores, longitud de mazorca y área foliar. Respecto al rendimiento de grano, no encontraron diferencias significativas entre los niveles de fertilización

evaluados, obteniéndose 12.91 t/ha con 92N-0P-0K, 12.89 t/ha con 276N-120P-60K, 12.78 t/ha con 368N-120P-60K y 12.86 t/ha con 230N-90P-30K. Estos resultados evidenciaron que la fertilización influyó en determinadas características morfológicas y agronómicas del híbrido INIA 619, aunque las dosis evaluadas no produjeron diferencias significativas en el rendimiento de grano.

Paredes (2001) en la investigación titulada Niveles de fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) variedad Marginal-28-Tropical en un entisol, evaluó diferentes niveles de nitrógeno y su efecto sobre el rendimiento del cultivo de maíz. Los rendimientos obtenidos fueron de 4.962, 6.816, 7.505, 7.478 y 7.452 t/ha para las dosis de 0, 50, 100, 150 y 200 kg N/ha, respectivamente. Los tratamientos con 50, 100, 150 y 200 kg N/ha presentaron resultados estadísticamente similares entre sí, pero superiores al tratamiento sin aplicación de nitrógeno, observándose que a partir de 100 kg N/ha los incrementos en la dosis no produjeron aumentos proporcionales del rendimiento. El autor relacionó este comportamiento con la ley de los rendimientos decrecientes y con las condiciones de déficit hídrico y altas temperaturas registradas durante el experimento, que pudieron afectar la disponibilidad y favorecer pérdidas de nitrógeno. Desde el punto de vista técnico-económico, las dosis de 50 y 100 kg N/ha presentaron mayor eficiencia, con rendimientos de 6.816 y 7.505 t/ha y relaciones beneficio-costeo de 1.380 y 1.407, respectivamente, evidenciando que dosis superiores de nitrógeno no necesariamente generan incrementos proporcionales en la productividad y rentabilidad del cultivo.

Espinoza y Gamarra (2022) en la investigación titulada Rendimiento comparativo de dos híbridos de maíz amarillo duro con dos fuentes de abonamiento aplicados en diferentes etapas fenológicas, en Barranca, evaluaron la respuesta productiva de los híbridos Dekalb 7500 y Dekalb 7508 frente a la aplicación de fertilizantes en diferentes etapas fenológicas. La fertilización aplicada durante las etapas vegetativas V5 y V10 y durante el panojamiento (VT) produjo resultados favorables en los componentes del rendimiento. El híbrido Dekalb 7500 alcanzó 20.12 cm de longitud de mazorca, 550.32 g de peso de mazorca, 662.13 g de peso de mil granos, 17.92 hileras por mazorca y 37.80 granos por hilera; mientras que Dekalb 7508 registró 18.90 cm, 531.68 g, 656.14 g, 16.80 hileras por mazorca y 36.25 granos por hilera, respectivamente. En cuanto al rendimiento, con la fertilización líquida aplicada en V5, V10 y

VT, Dekalb 7500 alcanzó 13.94 t/ha y Dekalb 7508 obtuvo 13.10 t/ha. Los autores concluyeron que la aplicación de fertilización líquida a base de Ajinofer en las tres etapas fenológicas favoreció los componentes del rendimiento y la productividad del híbrido Dekalb 7500 bajo las condiciones edafoclimáticas de Los Anitos, Barranca.

Para rendimiento se obtuvo que aplicando fertilización líquida en etapa vegetativa (V5 y V10) y en etapa de espigado o panojamiento (VT) para el híbrido Dekalb 7500, se obtuvo 13.94 t/ha y para el híbrido 7508 registró 13.10 t/ha. Por lo tanto, se puede afirmar que empleando fertilización líquida a base de Ajinofer aplicado en tres etapas fenológicas (V5, V10 y VT) del cultivo de maíz híbrido Dekalb 7500, se tendrá incremento en el rendimiento, bajo las condiciones edafoclimáticas de Los Anitos-Barranca.

4.1.3. Antecedentes locales

Quispe (2017) en la investigación titulada Evaluación del potencial productivo de diez cultivares de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en condiciones de Santa Ana, La Convención-Cusco, evaluó el comportamiento productivo de diez cultivares de maíz amarillo duro bajo las condiciones edafoclimáticas de la provincia de La Convención. Los cultivares presentaron rendimientos comprendidos entre 7,722 y 10,660 t/ha, superiores a los promedios reportados para Santa Ana, La Convención, la región Cusco y la región selva. El híbrido PAC-860 alcanzó el mayor rendimiento, con 10.660 t/ha, superando a la variedad testigo Marginal 28, que obtuvo 7,722 t/ha. Asimismo, entre los híbridos con comportamiento productivo destacado se encontraron PAC-860, DK-7088, DK-399, PAC-105, ZAS y DK-1596, mientras que entre las variedades sobresalió INIA 617 Chuska. Los resultados demostraron la existencia de diferencias en el potencial productivo de los cultivares evaluados y evidenciaron la importancia del componente genético en la respuesta productiva del maíz bajo las condiciones de Santa Ana, La Convención.

Lujan (2025) en la investigación titulada Efecto del encalado en las propiedades químicas del suelo y rendimiento de maíz amarillo y soya en rotación. Chirumpiari, Cusco-2023, evaluó el efecto de diferentes dosis de dolomita sobre las propiedades químicas del suelo y el comportamiento productivo del maíz amarillo. Los resultados mostraron que la aplicación de 4 t/ha de dolomita produjo el mayor rendimiento de maíz, alcanzando 4 687.5 kg/ha; mientras

que con 5 t/ha se obtuvo la mayor altura de planta, con 282.33 cm, y con 6 t/ha se alcanzó el mayor número de mazorcas por planta, con un promedio de 1.16. Estos resultados evidenciaron que las dosis de enmienda aplicadas al suelo generaron respuestas diferenciadas en el rendimiento y las características agronómicas del cultivo de maíz bajo las condiciones de Chirumpiari, Cusco.

Palomino (2014) evaluó el comportamiento agronómico y productivo de seis variedades de maíz amarillo duro en condiciones de Pichari, Cusco, determinando diferencias en el rendimiento y en determinadas características agronómicas de los genotipos estudiados. La variedad INIA 611 alcanzó el mayor rendimiento de grano ajustado al 14 % de humedad, con 8 821.8 kg/ha, seguida de Cargill, con 7 486.3 kg/ha, y Marginal, con 7 402.8 kg/ha. Asimismo, estas variedades presentaron las mayores longitudes de mazorca, con valores comprendidos entre 16.6 y 17.2 cm. Respecto a la altura de planta, la variedad Marginal-28 destacó entre los materiales evaluados al alcanzar un promedio de 2.64 m. Estos resultados evidenciaron diferencias en el comportamiento productivo y agronómico de los materiales genéticos de maíz evaluados bajo las condiciones ambientales de Pichari.

4.2. Marco teórico

4.2.1. El maíz (*Zea mays* L.)

4.2.1.1. Clasificación taxonómica del maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie vegetal perteneciente a la familia Poaceae (Gramineae), ampliamente cultivada por su importancia alimentaria, pecuaria, agroindustrial y económica. De acuerdo con el sistema de clasificación taxonómica de Engler, su posición sistemática se presenta de la siguiente manera:

Reino Plantae

División Angiospermae

Clase Monocotyledoneae

Subclase Commelinidae

Orden Poales

Familia Poaceae (Gramineae)

Subfamilia Panicoideae

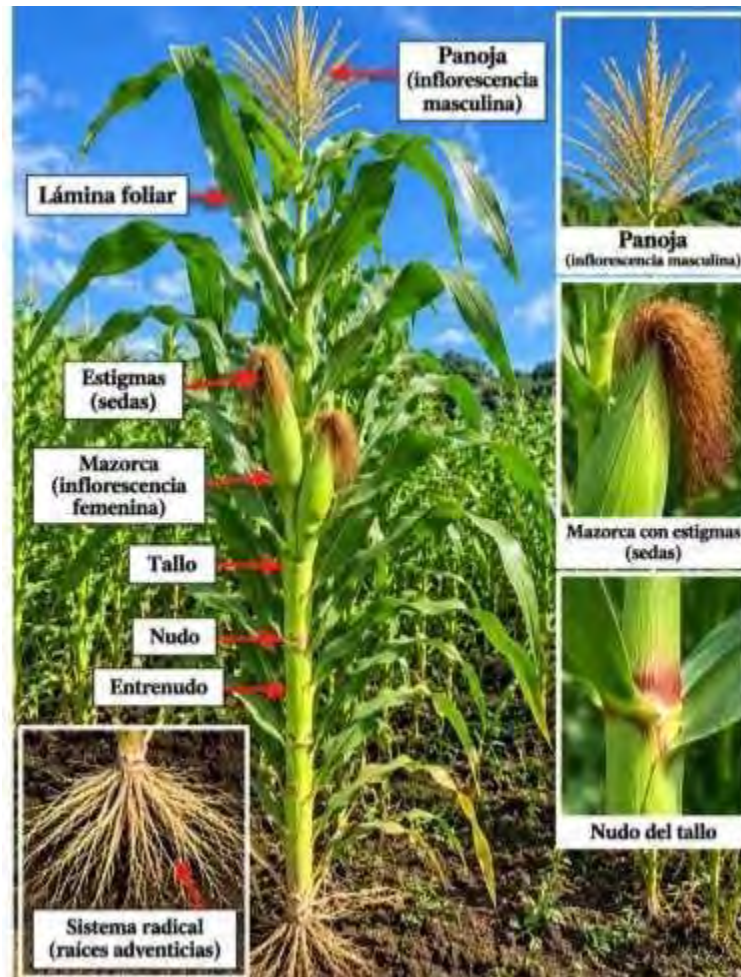
Tribu Andropogoneae

Género *Zea*

Especie *Zea mays* L.

N.C maíz

Figura 1.
Morfología de la planta de maíz



Nota: se muestran la estructura morfológica de una planta de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de campo.

4.2.1.2. Descripción morfológica del maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea anual de tallo robusto y alto que se ramifica en nudos y entrenudos, donde crecen las hojas anchas y las yemas axilares. Su sistema radicular es fasciculado y la planta es monoica, desarrollando flores masculinas en una panícula terminal y flores femeninas en mazorcas axilares (Hidalgo, 2013).

a) Raíz

Barandiarán (2020) manifiesta que el maíz posee raíces fasciculadas ya que esto ayuda a anclar a la planta al suelo, también sobresalen unas raíces al nivel del suelo que son consideradas raíces secundarias o adventicias las mismas que se desarrollan en una red espesa de raíces fibrosas.

b) Tallo

Barandiarán (2020) afirma que la planta de maíz posee tres componentes importantes: la corteza, los haces vasculares y la médula, también está formado por un tallo erecto, firme y de forma redondeada que alcanza alturas hasta 1,5 metros sin ramificaciones, tiene un color verde brillante

c) Hoja

Las hojas son lanceoladas de gran tamaño, son afiladas, cortantes y se encuentran en una vaina agarrada al tallo dispuestas alternadamente en número de 20 a 30 hojas de estructura flexible, con nervadura central y paralelas, por el haz presentan vellosidades también presenta una lígula (Barandiarán, 2020).

d) Flor

La inflorescencia masculina cuenta con un gran número de granos de polen de color amarillo, cantidad que oscila entre 20 a 25 millones. En cuanto a las flores femeninas aparecen en las axilas de algunas hojas (Barandiarán, 2020).

e) Mazorca

Barandiarán (2020) manifiesta que el fruto o más comúnmente conocido como mazorca forman un solo cuerpo que tiene la forma de cariopside brillante que puede ser de diferente color amarillo, rojo, morado y blanco que se los denomina corno que no es otra cosa que el ovario maduro, posee una parte central llamado zuro que sirve para adherir los granos, el embrión pesa alrededor de 0.3 gramos.

f) Grano

La cubierta de la semilla se llama pericarpio, debajo de esta se encuentra una capa de aleurona que es la que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), contiene proteínas y el embrión está formado por la radícula y la panícula (Borja, 2017).

4.2.1.3. Etapa vegetativa del maíz

El maíz cuenta con cinco etapas vegetativas durante su ciclo de producción, en la fenología del maíz, la letra "V" significa etapa vegetativa (Vegetative stage), dichas etapas de muestran en la tabla 1.

Tabla 1.
Etapa vegetativa

Símbolo	Etapa vegetativa	Días después de la siembra
VE	Germinación y emergencia	4–6 días
V1	Una hoja completamente desarrollada	7–8 días
V2	Dos hojas. Raíces emergen debajo del suelo	9–10 días
V3	Tres hojas	12-13 días
V4	Cuatro hojas. Desarrollo de hojas en el meristemo apical	15-16 días
V5	Cinco hojas. Hojas y espigas íntegramente formadas	20-22 días
V6	Seis hojas. Primera hoja de punta redondeada	24-26 días
V7–V9	Rápido crecimiento de la planta	28–38 días
V10	Desarrollo de raíces adventicias	42 días
V11–V12	Once a doce hojas con collar visible. Continúa el desarrollo de la mazorca	46-49 días
V13–V15	Trece a quince hojas con collar visible. Rápido crecimiento de la planta y desarrollo de la mazorca.	50–60 días
V14	Rápido crecimiento y acumulación de biomasa	56-58 días
VT	Emergencia completa de la panoja	65–75 días

Fuente: Barandiarán (2020)

Etapas R1: Chocleo o salida de los estigmas

La etapa R1 ocurre cuando los estigmas son visibles fuera de las chalas. Una vez que un grano de polen cae en un estigma (polinización), se forma un tubo polínico, y lleva alrededor de 24 horas hacer crecer el estigma hacia abajo hasta el óvulo. Una vez que alcanza el óvulo, se produce la fertilización y el óvulo se convierte en un grano. En esta etapa, los granos están casi completamente envueltos en glumas (sépalos), y son blancos con un contenido claro y acuoso (Barandiarán 2020).

Etapas R2: Grano al estado de Ampolla

La etapa R2 ocurre de 10 a 14 días después de la aparición de los estigmas y se la denomina la etapa de “blíster”. Los granos en desarrollo tienen alrededor del 85 % de humedad, se asemejan a un blíster, el endospermo y el fluido interno son claros. A medida que los granos se expanden, las glumas se vuelven menos visibles. La interrupción del crecimiento de los granos relacionada con el estrés puede ocurrir durante esta fase. Primero, se suele interrumpir el crecimiento de los granos fertilizados en último lugar (cerca de la punta). El riesgo de interrupción del crecimiento de los granos es mayor en los primeros 10 a 14 días después de la polinización o hasta que los granos alcanzan la R3 (Barandiarán, 2020).

Etapas R3: Granos lechosos

La R3 ocurre de 18 a 22 días después de la aparición de los estigmas cuando los granos comienzan a mostrar el color final, que es amarillo o blanco en la mayoría de los híbridos dentados, o con variaciones de blanco o naranja amarillento en los híbridos indios. Los granos tienen alrededor del 80 por ciento de humedad, el líquido interior es blanco lechoso por el almidón (endospermo) acumulado, y llenan totalmente el espacio entre las hileras de granos. El embrión y el endospermo se pueden diferenciar visualmente en la disección. La interrupción del crecimiento de los granos relacionada con el estrés aún es posible en este momento (Barandiarán, 2020).

Etapa R4: Grano pastoso

La etapa R4 ocurre de 24 a 28 días después de la aparición de los estigmas. Los granos tienen alrededor del 70 por ciento de humedad, y el líquido interior se espesa y forma una consistencia pastosa, como de masa. Los granos obtienen su color final y alrededor de la mitad de su peso seco maduro. El color del elote (blanco, rosa, rojo claro o rojo oscuro) comienza a desarrollarse y es específico del híbrido. Las chalas comienzan a volverse marrones en los bordes exteriores (Figura 36). El estrés durante esta etapa generalmente no hace que se interrumpa el crecimiento de los granos, pero puede reducir la tasa de acumulación de almidón y el peso del grano promedio (Barandiarán, 2020).

Etapa R5: Grano dentado

La etapa R5 ocurre de 35 a 42 días después de la aparición de los estigmas y representa casi la mitad del tiempo de desarrollo reproductivo. Los granos están compuestos de una capa externa de almidón duro que rodea un núcleo suave de almidón. Cuando el núcleo más suave de almidón comienza a perder humedad y se reduce, se forma una hendidura en la parte superior del grano. La cantidad de hendiduras que se producen depende de la genética y de las condiciones de crecimiento. Los híbridos indios generalmente producen muy poca o ninguna hendidura porque los granos contienen almidón duro y no se contraen (Barandiarán, 2020).

Etapa R6: Madurez fisiológica

La R6 ocurre de 60 a 65 días después de la aparición de los estigmas. La humedad de los granos es de aproximadamente el 35 %, los granos se consideran maduros fisiológicamente y han alcanzado su peso seco máximo. La línea lechosa, o capa de almidón duro, ha avanzado hasta la punta del grano. Las células en la punta del grano pierden su integridad y caen, y hacen que se forme una capa de abscisión de marrón a negra, generalmente denominada “capa negra”. Una vez que se forma la capa negra, el almidón y la humedad no pueden ingresar o salir más del grano, con la excepción de la pérdida de humedad a través de la evaporación. La formación de la capa negra avanza desde la punta de la mazorca hacia la base. Si la planta de maíz muere prematuramente (antes de la madurez fisiológica), la capa negra aún se forma, pero puede llevar

más tiempo, y el rendimiento puede reducirse (Barandiarán, 2020). En la tabla 2 se muestra en forma detallada las diferentes etapas vegetativas del maíz.

Tabla 2.

Etapas reproductivas del maíz

Símbolo	Etapas vegetativas
R1	Estigmas receptivos, polinización, fecundación
R2	Grano al estado ampolla, traslucido, se ve el embrión
R3	Grano al estado lechoso
R4	Grano pastoso
R5	Dentado o llenado del grano
R6	Madurez fisiológica

Fuente: Barandiarán (2020).

4.2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos

Clima

El maíz se desarrolla óptimamente en climas que van desde tropicales a fríos y de iluminación adecuada para su crecimiento, trata de una especie con alta incidencia de luz solar por esto que en zonas muy densas y nubladas su producción baja. Con temperaturas mínimas de hasta 8°C y mayores a 30°C presentan un déficit nutricional debido a que se produce una mala absorción de sales minerales y agua por parte de la planta en la fructificación las temperaturas deben oscilar entre los de 20 ° a 32° centígrados (Hidalgo, 2013).

Suelo

El cultivo de maíz se desarrolla de manera óptima en suelos de textura franca o franco-arcillosa, debido a que estas condiciones favorecen un adecuado equilibrio entre la retención de humedad, la aireación y el crecimiento radicular. En contraste, los suelos con alto contenido de arcilla tienden a retener cantidades excesivas de agua, lo que puede generar problemas de drenaje y afectar negativamente el desarrollo de las plantas. Asimismo, los suelos de textura

areno-arcillosa suelen formar costras superficiales compactas después de las precipitaciones o del riego. Esta condición dificulta la emergencia de las plántulas tras la siembra, limitando el establecimiento uniforme del cultivo y, en consecuencia, su potencial productivo (Hidalgo, 2013).

pH

De acuerdo a Hidalgo (2013) el pH constituye un indicador fundamental de la reacción química del suelo, este parámetro se determina mediante una escala que varía de 0 a 14, sin embargo, en los sistemas agrícolas los valores de pH suelen oscilar entre 4 y 10. Para el cultivo de maíz, el intervalo óptimo se encuentra entre 5,5 y 6,5, rango en el que la disponibilidad de nutrientes esenciales alcanza niveles adecuados para el desarrollo de la planta. Por el contrario, cuando el pH se sitúa fuera de estos límites, la disponibilidad de diversos elementos minerales puede disminuir y en caso de presentar concentraciones excesivas generan efectos de toxicidad.

En los suelos ácidos, la actividad biológica de los microorganismos tiende a reducirse, además de registrarse menores concentraciones disponibles de calcio, magnesio y potasio. Sin embargo, estas condiciones favorecen una mayor disponibilidad de elementos como aluminio, hierro y manganeso. Asimismo, la mayoría de los micronutrientes, con excepción del molibdeno, son absorbidos con mayor facilidad bajo condiciones de acidez. En ese sentido, los suelos que presentan elevada saturación de aluminio superior al 30 % pueden provocar la fijación del fósforo, restringiendo su disponibilidad para las plantas. Esta situación repercute de manera significativa en el crecimiento y desarrollo del maíz, ocasionando una reducción importante en el rendimiento de grano.

Radiación solar

El rendimiento del cultivo de maíz está estrechamente relacionado con la cantidad de radiación solar interceptada por el dosel vegetal, ya que una mayor captación de energía luminosa favorece incrementos en la producción, mientras que una menor interceptación limita su potencial productivo. En este contexto, es fundamental que la población de plantas desarrolle un área foliar suficiente para maximizar el aprovechamiento de la radiación incidente al finalizar la etapa de crecimiento vegetativo. Para verificar esta condición, se recomienda realizar

observaciones al mediodía, cuando los rayos solares inciden de manera casi perpendicular sobre la superficie terrestre. Bajo una cobertura vegetal adecuada, la radiación solar no debería alcanzar directamente el suelo, lo que constituye un indicador de una interceptación eficiente de la radiación por parte del cultivo (Hidalgo, 2013).

Fotoperiodo

El maíz cultivado en regiones tropicales presenta una adaptación fotoperiódica que le permite desarrollarse adecuadamente bajo condiciones de hasta 14 horas de luz diarias. Sin embargo, cuando la duración del fotoperiodo supera este límite, el inicio de la floración tiende a retrasarse. Asimismo, las variedades tropicales establecidas en zonas templadas, fuera de su área natural de adaptación, suelen experimentar una prolongación indefinida de la floración femenina. En contraste, la producción de polen no presenta este comportamiento, manteniendo un desarrollo relativamente normal. Esta diferencia en la respuesta reproductiva puede generar un desajuste entre la floración masculina y femenina, lo que podría afectar el proceso de polinización y, en consecuencia, el rendimiento del cultivo (Barja, 2022).

Demanda hídrica

Barja (2022) tomando como referencia el manual agropecuario (2001) afirma que el cultivo de maíz requiere de 600 a 800 mm de precipitación distribuida durante el ciclo del cultivo.

Temperatura

Las temperaturas adecuadas en este cultivo van a variar de acuerdo a la etapa que se encuentre el mismo, para la siembra se necesitan temperaturas desde 10°C, para la floración se necesita de temperaturas de 18°C, para la etapa de crecimiento se requieren temperaturas de 24°C a 30°C y por encima de esta se ve afectada su actividad celular y cuando presentan más del 70% de hojas secas requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C. Necesita abundante brillo solar y en climas húmedos su rendimiento es menor, para que la semilla germine necesita temperaturas entre 15 a 20°C (Hidalgo, 2013).

4.2.1.5. Manejo agronómico del cultivo

Siembra

Se recomienda usar el sistema de siembra por golpe 0.50 y hasta 0.90 entre hilera y 0.75 entre surco, se deben depositar 2 semillas por cada uno de los surcos (Hidalgo, 2013).

Deshierbe

El deshierbe se puede realizar de forma mecánica a los 14 días para eliminar todo tipo de malezas con la finalidad de evitar competencias por nutrientes, luz y espacio por la planta, el segundo deshierbe se debe realizar a los 35 días (Hidalgo, 2013).

Aporque

Según Ortigoza et al (2019), el aporque se debe realizar a los 45 días después de la siembra, colocando tierra alrededor de la planta en la parte inferior del tallo, esto ayudará en el sostén o soporte de la planta, aflojar y mantener la humedad.

Fertilización

La fertilización de maíz se debe realizar a los 30 días después de la siembra, alrededor de la planta mientras se aporca después se recomienda usar abonos foliares cada 15 días antes de la floración masculina puede realizarse con bomba de mochila, el abonado se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual (Ortigoza, et al 2019).

4.2.1.6. Variedades de maíz en estudio

Dekalb-7500

Dekalb 7500, híbrido triple de MAD, híbrido doble propósito, buena estabilidad de producción, alto potencial de rendimiento, buen comportamiento ante principales enfermedades del cultivo de maíz, la mazorca presenta de 16/18 hileras con grano de buen peso. Periodo vegetativo de 125 a 155 días.

Altura de planta : 235 cm

Altura de mazorca : 118cm

Días a floración 70-89

Días a cosecha 120-150

Prolificidad 1

Numero de hileras por mazorca 16-20

Los rendimientos con un manejo adecuado puede alcanzar los 10 a 12 t/ha.

Dosis de fertilización recomendada es 180N-90P-60K

El híbrido Dekalb 7500 es un material genético comercial desarrollado mediante el cruzamiento controlado de líneas endogámicas pertenecientes al programa de mejoramiento genético de la empresa Dekalb. Debido a la naturaleza comercial y protegida de este híbrido, la identidad específica de las líneas parentales utilizadas para su obtención no es de dominio público y constituye información confidencial de la empresa obtentora.

Maíz Híbrido Advanta 9139 (ADV 9139)

Rango de adaptación: 0 – 800 msnm; Ciclo de vida: 125 días; Días de emergencia: 4-6; Días a floración: 58; Días a cosecha: 125 días; Tipo de grano: cristalino; Altura de la planta: 232 cm; Inserción de la mazorca: 121 cm; Numero de hileras por mazorca: 121 cm; Granos por hilera: 37,5; Plantas /ha recomendadas a cosecha.

El rendimiento promedio reportado en la ficha técnica es 10.55 t/ha

Dosis de fertilización recomendada es 220N-120P-120K

El híbrido ADV 9139 es un material genético comercial obtenido mediante el cruzamiento de líneas endogámicas seleccionadas dentro del programa de mejoramiento de la empresa Advanta Seeds. La información correspondiente a las líneas progenitoras no se

encuentra disponible en documentos técnicos públicos debido a la protección de la propiedad intelectual del híbrido

Marginal 28

La variedad marginal 28 tropical es un compuesto que resulta de un cruzamiento inter e intra poblacional de los cultivares Across 7728, Ferke 7928, La Máquina 7928 provenientes del CIMMYT, mejorada y adaptada por el INIA a condiciones tropicales de selva y costa norte del Perú.

El rendimiento promedio reportado en la ficha técnica es 6 t/ha

Dosis de fertilización recomendada es 160N-90P-60K

A diferencia de los híbridos comerciales, la variedad Marginal 28 Tropical posee información pública sobre su origen genético. Esta variedad fue desarrollada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y corresponde a un compuesto originado mediante cruzamientos inter e intrapoblacionales de los cultivares ACROSS 7728, FERKE 7928 y LA MAQUINA 7928, materiales provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), posteriormente mejorados y adaptados a las condiciones tropicales de la selva y costa norte del Perú

4.3. Marco conceptual

4.3.1. Rendimiento

El rendimiento agrícola se refiere a la cantidad de producto obtenido por unidad de superficie cultivada, generalmente se mide en kilogramos por hectárea. Este concepto es fundamental para evaluar la productividad agrícola.

4.3.2. Híbrido de maíz

El híbrido de maíz es el resultado de la mejora genética mediante el cruce de dos líneas de maíz que no están emparentadas. Este proceso busca combinar características deseables de

ambos progenitores, como un mayor rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, y adaptación a diferentes condiciones ambientales (Rueda, 2015).

4.3.3. Variedad

Se refiere a una categoría taxonómica que agrupa a individuos de una misma especie que presentan diferencias morfológicas o fisiológicas, pero que son lo suficientemente similares como para ser considerados parte de la misma especie (Rueda, 2015).

4.3.4. Germinación de semilla

Es el paso de vida latente del embrión a vida activa cuando las condiciones son adecuadas, es decir: humedad, oxígeno y temperaturas favorables. Para que la germinación sea posible es necesario varias condiciones propias de la semilla o intrínsecas y condiciones del ambiente o extrínsecas (Rueda, 2015).

4.3.5. Emergencia de semillas

El concepto de emergencia de semillas se refiere al proceso mediante el cual las plántulas surgen del sustrato después de la germinación de las semillas. Este fenómeno es crucial para el establecimiento exitoso de las plantas y está influenciado por diversos factores, que incluyen las condiciones ambientales, la calidad de las semillas y su manejo (Rueda, 2015).

4.3.6. Madurez fisiológica

La madurez fisiológica en semillas de maíz (*Zea mays*) se define como la acumulación máxima de materia seca, influenciada por factores morfológicos como la línea de leche y la capa negra en las semillas. Estos indicadores son cruciales para determinar el momento óptimo de cosecha (Rueda, 2015)..

4.3.7. Peso hectolítrico

El peso hectolítrico es una de las características más importantes debido a que está relacionado con la condición física del grano y por lo tanto con la densidad real del grano la cual se expresa en kg/hL. La densidad del grano está determinada por la estructura biológica y la

composición química, incluyendo el contenido de humedad. El peso hectolítrico está influenciado por la forma y el tamaño del grano. La presencia de granos inmaduros, dañados por sequía o por enfermedades disminuyen el peso hectolítrico (Mellado, 1986). El peso hectólitro es el peso de una masa de granos que ocupa el volumen de 100 litros. Por ser el hectólitro un volumen muy grande en el laboratorio se determina utilizando un recipiente de un litro, el cereal se coloca hasta el ras del recipiente previamente tarado y se pesa.

4.3.8. Dosis de fertilización

Fontanetto (2006), señala que la dosis de fertilización es la determinación cuantitativa de nutrientes que deben aplicarse en función de las necesidades del cultivo, la oferta natural del suelo y la eficiencia del fertilizante, procurando un equilibrio entre productividad y sostenibilidad.

4.3.9. Fertilización orgánica

Fontanetto (2006), señala que la fertilización orgánica implica la utilización de insumos de origen biológico que, además de aportar nutrientes, contribuyen a la conservación de la materia orgánica del suelo, al reciclaje de nutrientes y a la mejora de la capacidad de retención de agua.

4.3.10. Fertilización inorgánica

Fontanetto (2006) la fertilización inorgánica consiste en el suministro de nutrientes esenciales en forma de compuestos químicos minerales, de rápida solubilidad y disponibilidad inmediata para la planta, lo cual permite corregir deficiencias nutricionales de manera eficiente.

4.3.11. Urea

La urea constituye una de las principales fuentes de nitrógeno utilizadas en la agricultura debido a su elevada concentración de este nutriente (46 %), además de ser, en la mayoría de los casos, uno de los fertilizantes nitrogenados de menor costo disponible en el mercado. Se comercializa en presentaciones perlada y granulada; la primera está destinada principalmente a sistemas de fertirrigación, mientras que la segunda se emplea para aplicaciones directas al suelo. Desde el punto de vista agronómico, la urea se considera un fertilizante de naturaleza amoniacal,

por lo que su transformación en el suelo puede contribuir a procesos de acidificación. Industrialmente, se obtiene mediante la síntesis química del amoníaco y el dióxido de carbono.

4.3.12. Fosfato diamónico

El fosfato diamónico (DAP) es uno de los fertilizantes fosfatados de mayor uso a nivel mundial, debido a su elevada concentración de nutrientes y a sus favorables características físicas, que facilitan su manejo, almacenamiento y aplicación en diversos sistemas de producción agrícola (International Plant Nutrition Institute, 2015).

Este fertilizante comenzó a comercializarse ampliamente a partir de la década de 1960, consolidándose rápidamente como el producto más representativo dentro de los fosfatos de amonio. Su fabricación se realiza mediante la reacción controlada entre ácido fosfórico y amoníaco. Posteriormente, la mezcla obtenida se somete a un proceso de enfriamiento, granulación y clasificación por tamizado, lo que permite obtener un producto de alta calidad con excelentes propiedades para su conservación y distribución (International Plant Nutrition Institute, 2015).

De acuerdo al International Plant Nutrition Institute (2015). La elevada concentración de nutrientes del fosfato diamónico (DAP) contribuye a disminuir los costos asociados con su almacenamiento, transporte, manipulación y aplicación en campo, lo que lo convierte en una alternativa eficiente desde el punto de vista económico. Asimismo, este fertilizante se produce en numerosos países y se comercializa ampliamente a nivel internacional, debido a su alta demanda en los sistemas de producción agrícola. A continuación, se presentan las principales propiedades químicas del DAP:

- Fórmula química : $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
- Contenido de N : 18%
- Contenido de P_2O_5 : 46%
- Solubilidad en agua (20 °C): 588 g/L
- pH solución : 7.5 a 8

4.3.13. Híbrido de maíz

Un híbrido de maíz se produce cuando una planta hembra fecunda a otra planta macho que no está relacionada genéticamente. La planta que produce la semilla se denomina progenitora hembra, mientras que la que proporciona el polen es la progenitora macho. Esta combinación resulta en una semilla híbrida que presenta características mejoradas, como mayor rendimiento y resistencia a enfermedades, gracias a un fenómeno conocido como vigor híbrido (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 2017).

4.3.14. Rendimiento agrícola

Se define como la relación de la producción total de un cultivo cosechado por unidad de superficie de tierra.

4.3.15. Dosis óptima

Según un informe del INIA, la dosis óptima de fertilización es aquella que permite suplir las necesidades nutricionales del cultivo sin exceder los límites que podrían causar daño al medio ambiente o al propio cultivo. Se basa en un balance entre la demanda de nutrientes del cultivo y la oferta disponible en el suelo, considerando la eficiencia de uso del nutriente, esto se manifiesta en el mayor rendimiento de un cultivo agrícola.

4.3.16. Calidad del grano de maíz

De acuerdo a Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (2017), la calidad del grano de maíz es un término que abarca tanto la calidad intrínseca (composición física y química del grano) como la calidad extrínseca (factores relacionados con la sanidad del grano). La calidad intrínseca incluye características como dureza, tamaño, contenido de proteína y almidón, mientras que la calidad extrínseca se relaciona con aspectos como humedad, integridad y presencia de impurezas.

4.3.17. Prolificidad

Tafolla et al. (2021) afirman que la prolificidad constituye uno de los componentes más importantes del rendimiento en maíz, debido a su influencia directa sobre la producción de

grano. Esta característica posee un importante control genético de naturaleza aditiva y su expresión depende en gran medida de la interacción con factores ambientales, tales como la densidad poblacional y el estrés hídrico. Por ello, se considera un mecanismo que favorece la estabilidad del rendimiento, particularmente en ambientes de secano donde las condiciones climáticas pueden limitar el potencial productivo del cultivo.

4.3.18. Características agronómicas

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (2017), define las características agronómicas como los rasgos que afectan el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos. Estas incluyen aspectos como la altura de planta, días hasta la floración, resistencia a enfermedades y producción por hectárea. La evaluación de estas características es esencial para determinar la adaptabilidad de los cultivos a diferentes condiciones ambientales.

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Generalidades de la investigación

5.1.1. Tipo de investigación: explicativo

La presente investigación es de tipo explicativo, debido a que el investigador manipuló deliberadamente las variables independientes, representadas por las dosis de fertilización y los híbridos de maíz, con el propósito de evaluar su efecto sobre las variables dependientes relacionadas con el rendimiento, las características agronómicas y la calidad de grano del cultivo. Según Hernández-Sampieri, Fernández y Baptista (2014), los estudios experimentales se caracterizan por la manipulación intencional de una o más variables independientes para analizar las consecuencias que producen sobre las variables de respuesta bajo condiciones controladas.

En el presente estudio se establecieron diferentes niveles de fertilización y tres híbridos de maíz, cuyos efectos fueron evaluados mediante la medición de variables agronómicas, productivas y de calidad. Asimismo, se aplicaron procedimientos de control experimental y análisis estadístico para determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos y establecer las combinaciones de fertilización e híbrido con mejor comportamiento agronómico bajo las condiciones agroecológicas del distrito de Quellouno, provincia de La Convención.

5.1.2. Ubicación

5.1.2.1. Ubicación política

Región	: Cusco
Provincia	: La Convención
Distrito	: Quellouno
Sector	: Buena Vista

Figura 2.
Ubicación del experimento



Fuente; Google Earth

Tabla 3.
Distancias y tiempos de recorridos al lugar del experimento

Item	Tramo	Tipo de carretera	Distancia	Tiempo aproximado
1	Cusco - Quillabamba	Asfaltado	223.50 Km	5h
2	Quillabamba – Echarati	Asfaltado	24.50 Km	30 min.
3	Echarati – Quellouno	Bicapa	25.00 Km	35min.
4	Quellouno – Buena Vista	Trocha carrozable	12.0 Km	35 min.
	Total		285 Km	6 h 40min

5.1.2.2. Ubicación geográfica

El distrito de Quellouno, se encuentra ubicada en la provincia de La Convención, departamento del Cusco. Su capital, es el centro poblado de Quellouno, y se localiza al Norte de la ciudad de Quillabamba, capital de la provincia.

Altitud : 1412 m s. n. m.

Datum : WGS 84

Zona UTM : 18 Sur
 Coordenada Este : 771901 m E
 Coordenada Norte : 8602085 m N

5.1.2.3. Ubicación hidrográfica

Cuenca : Urubamba
 Sub cuenca : Yanatile
 Microcuenca : Yanatile

5.1.2.4. Ubicación ecológica

El distrito de Quellouno, se encuentra ubicada en la provincia de La Convención, departamento del Cusco. Su capital, el centro poblado de Quellouno, y se localiza al Nor Este de la ciudad de Quillabamba, capital de la provincia de La Convención.

De acuerdo a las zonas de vida de Holdridge en el Perú, la zona de estudio está ubicada en la zona de vida Bosque Seco Sub Tropical (Bs T), Se encuentra ubicado entre los 800 y 1700 m s.n.m. Los bosques secos tropicales (Bs T) son formaciones vegetales que se caracterizan por lo siguiente:

- Tienen una cobertura boscosa continua
- Presentan temperaturas superiores a los 24°C
- Sus precipitaciones pluviales están entre los 700 y 1650 mm anuales
- Están ubicados en regiones con fuertes lluvias durante períodos cortos seguidos de largas estaciones secas

5.1.2.5. Ubicación temporal

La presente investigación se inició en noviembre del 2024 y finalizó en mayo del 2025.

5.2. Materiales y métodos

5.2.1. Materiales

5.2.1.1. Material biológico

- Semillas de maíz híbrido Dekalb-7500
- Semillas de maíz híbrido ADV 9139
- Semillas de maíz híbrido Marginal 28

Se utilizaron 1760 unidades de semillas de maíz por cada híbrido, haciendo un total de 5280 unidades de semillas en todo el experimento.

5.2.1.2. Material de gabinete

- Paquete estadístico SPSS Versión 25
- Ms excel

5.2.1.3. Insumos

- Fertilizante nitrogenado (urea)
- Fertilizante fuente de fósforo (Fosfato diamónico)

5.2.1.4. Equipos

- GPS (Garmin)
- Balanza de precisión (Excell)
- Maquina fotográfica (Samsung)
- Medidor de humedad (Wile)

5.2.2. Metodología

5.2.2.1. Tratamientos

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con arreglo factorial 3×4 .

Factor A: Híbridos de maíz en (3 factores)

- Dekalb-7500 (A₁)
- ADV 9139 (A₂)
- Marginal 28 (A₃)

Factor B: Dosis de fertilización (4 factores, incluyendo el testigo)

Testigo (sin fertilización)

Nivel de fertilización bajo (dosis baja) (B₁)

- Nitrógeno (N): 110 kg/ha (Urea y fosfato diamónico)
- Fósforo (P₂O₅): 60 kg/ha (Fosfato diamónico)
- Potasio (K₂O): 40 kg/ha

Nivel de fertilización medio (dosis media) (B₂)

- Nitrógeno (N): 150 kg/ha (Urea y fosfato diamónico)
- Fósforo (P₂O₅): 90 kg/ha (Fosfato diamónico)
- Potasio (K₂O): 60 kg/ha

Nivel de fertilización alto (dosis alta) (B₃)

- Nitrógeno (N): 230 kg/ha (Urea y fosfato diamónico)
- Fósforo (P₂O₅): 120 kg/ha (Fosfato diamónico)
- Potasio (K₂O): 90 kg/ha

Justificación de los niveles de fertilización evaluadas

Los niveles de fertilización utilizadas en la presente investigación fueron definidos considerando los resultados del análisis de suelo, requerimientos nutricionales del cultivo de maíz, el potencial genético de los híbridos evaluados (Dekalb-7500, ADV 9139 y Marginal 28) y los niveles de fertilización reportados en investigaciones previas realizadas en maíz de grano en zonas tropicales.

El nivel de fertilización bajo (110-60-40) representa un nivel cercano al manejo tradicional empleado por productores de la zona y permitió evaluar la respuesta de los híbridos bajo una disponibilidad moderada de nutrientes.

El nivel de fertilización medio (150-90-60) fue establecida con base en las a la bibliografía referente al cultivo de maíz en zonas tropicales para alcanzar una respuesta en el rendimiento de los híbridos de maíz en estudio.

El nivel de fertilización alto (230-120-90) corresponde a un nivel de fertilización orientado a explotar el máximo potencial productivo de los híbridos en estudio. Esta dosis se consideró con la finalidad de determinar si incrementos en el nivel de fertilización generan respuestas significativas en las características agronómicas y en el rendimiento del cultivo.

Finalmente, se incluyó un tratamiento testigo sin aplicación de fertilizantes con la finalidad de cuantificar la contribución natural de la fertilidad del suelo y establecer una comparación objetiva respecto a los tratamientos fertilizados.

Análisis estadístico

Las evaluaciones del análisis de varianza se realizaron bajo el diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Para la evaluación de la dosis de fertilización en el rendimiento de tres híbridos de maíz se utilizó el modelo estadístico propuesto por Álvarez (2007).

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

α_i = Tratamiento.

β_j = Repetición.

y_{ij} = Efecto en el rendimiento de maíz de la j -ésima repetición del i -ésimo tratamiento.

μ = Media general.

= Efecto del i -ésimo tratamiento.

= Efecto del i -ésimo bloque.

i = Error experimental.

5.2.3. Características de la parcela experimental

Se utilizó parcelas experimentales distribuidas en 48 tratamientos. Por tratarse de una investigación experimental, se usó un diseño factorial, en la que se estableció la parcela (unidad experimental) con medidas cuyas dimensiones fueron 3.00m de ancho por 3.20m de largo, la distancia entre plantas de maíz será de 0.30m y entre surcos fue de 0.80m cabe señalar que en cada golpe se sembró 2 plantas. El detalle y las dimensiones de distribución de la parcela experimental se detalla a continuación.

5.2.3.1. Características del diseño

a. Dimensiones del campo experimental

- Longitud total : 52.00m
- Ancho total : 20.80m
- Área total : 1081.60m²
- Área útil : 940m²

b. Número y dimensiones del bloque

- Número 4
- Largo : 18.80m
- Ancho : 11.00m
- Área del bloque : 206.80m²
- Número de calles 2
- Ancho de calles : 1.00m

c. Número y dimensiones de parcela

- Número de parcelas por bloque 12
- Numero de parcelas por experimento 48
- Ancho de parcela : 3.00m

- Largo de parcela : 3.20m
- Área total de la parcela : 9.60m²

d. Número y dimensiones de surcos

- Número de surcos de parcela : 4
- Distancia entre surcos : 0.80m
- Longitud de surco : 3.20m

e. Numero de plantas

- Número de hoyos/surco : 11
- Número de plantas/surco : 22 plantas
- Número de plantas/hoyo : 2 plantas
- Distancia entre plantas : 0.30m
- Área por planta : 0.24m²
- Número de plantas/parcela : 110 plantas
- Número de plantas/bloque : 1320 plantas
- Número de plantas por experimento : 5280 plantas
- Número de plantas por unidad experimental : 14 plantas
- Número de plantas por efecto borde : 96 plantas
- Número de plantas experimentales por bloque : 168 plantas
- Número total de plantas experimentales : 672

Figura 3.

Croquis de distribución de los tratamientos

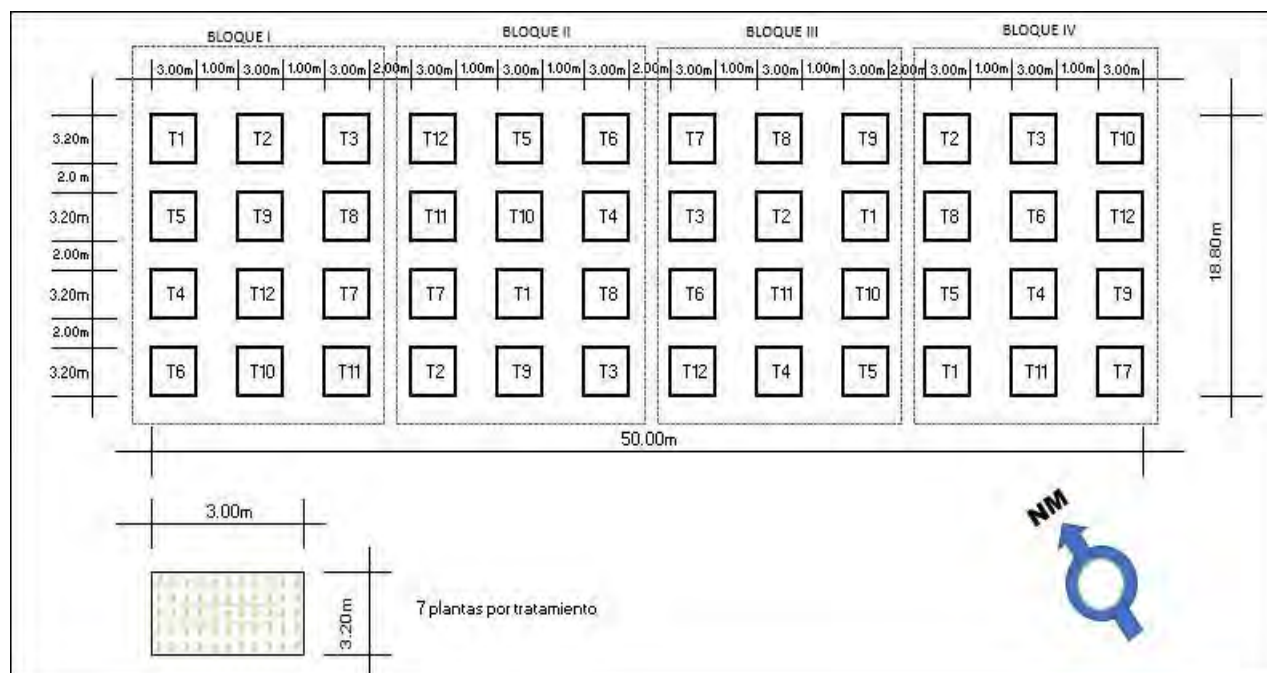
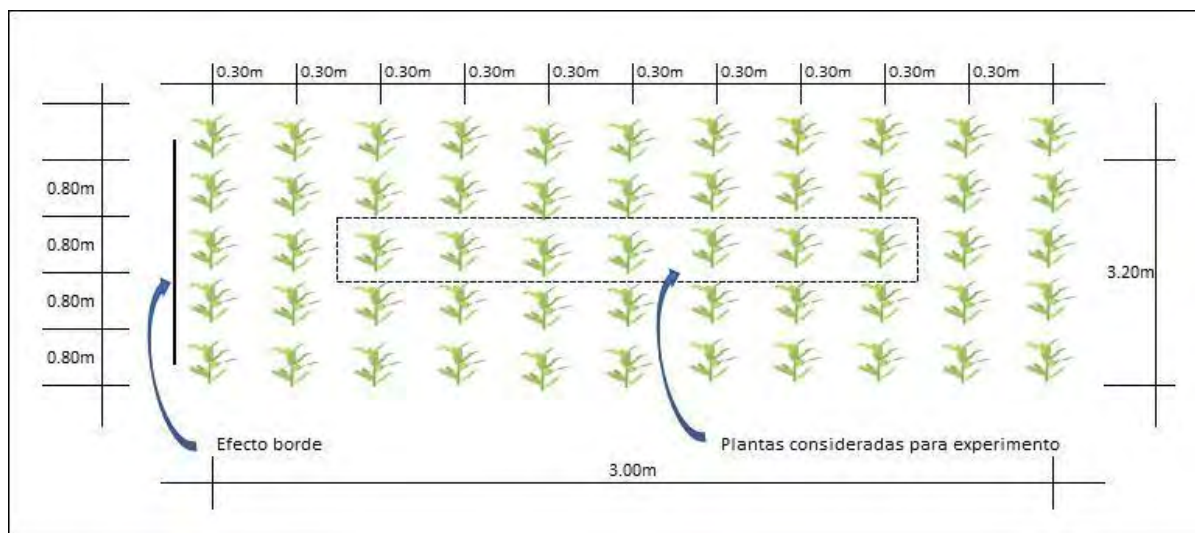


Figura 4.

Distribución de plantas en la parcela experimental



La unidad experimental estuvo conformada por 55 puntos de siembra distribuidos en 5 surcos y 11 golpes por surco. Considerando dos plantas por golpe, cada parcela estuvo integrada por 110 plantas de maíz.

Con la finalidad de minimizar el efecto de borde, se excluyeron de las evaluaciones las plantas ubicadas en los extremos de la parcela. Para la medición de las variables agronómicas de planta se seleccionó el área útil experimental, conformada por los siete puntos de siembra centrales de cada surco, correspondientes a 14 plantas representativas por unidad experimental.

Las plantas seleccionadas representan la zona de mayor uniformidad dentro de la parcela experimental y permiten estimar de manera confiable las características agronómicas evaluadas, minimizando la influencia de competencia desigual, bordes y espacios adyacentes entre tratamientos.

Tabla 4.
Características de tratamientos

Tratamiento	Dosis de fertilización	Variedades de maíz	Número de plantas por unidad experimental	Número de repeticiones	Numero de plantas por tratamiento
T ₁	D1=Testigo (sin fertilización)	Dekalb-7500	14	4	56
T ₂	D1=Testigo (sin fertilización)	ADV 9139	14	4	56
T ₃	D1=Testigo (sin fertilización)	Marginal 28	14	4	56
T ₄	D2=110N-60P-40K	Dekalb-7500	14	4	56
T ₅	D2=110N-60P-40K	ADV 9139	14	4	56
T ₆	D2=110N-60P-40K	Marginal 28	14	4	56
T ₇	D3=150N-90P-60K	Dekalb-7500	14	4	56
T ₈	D3=150N-90P-60K	ADV 9139	14	4	56
T ₉	D3=150N-90P-60K	Marginal 28	14	4	56
T ₁₀	D4=230N-120P-90K	Dekalb-7500	14	4	56
T ₁₁	D4=230N-120P-90K	ADV 9139	14	4	56
T ₁₂	D4=230N-120P-90K	Marginal 28	14	4	56
Total			168	4	672

Características de los tratamientos

Los tratamientos estuvieron constituidos por la combinación de dos factores de estudio: híbridos de maíz y dosis de fertilización química, bajo un arreglo factorial de 3×4 , dando lugar a un total de 12 tratamientos experimentales.

El factor A correspondió a los híbridos de maíz, conformado por tres materiales genéticos: Dekalb-7500, ADV 9139 y Marginal 28. Estos híbridos fueron seleccionados por su adaptación a las condiciones agroecológicas de la provincia de La Convención y por su potencial productivo en sistemas de producción de maíz amarillo duro.

El factor B estuvo constituido por cuatro niveles de fertilización NPK, el primer nivel correspondió al tratamiento testigo sin aplicación de fertilizantes ($0N-0P_2O_5-0K_2O$), utilizado como referencia para evaluar la respuesta de los híbridos a la fertilización. El segundo nivel correspondió a nivel baja de fertilización ($110N - 60P_2O_5-40 K_2O$) el tercer nivel a una dosis media ($150N-90 P_2O_5-60 K_2O$); y el cuarto nivel a una dosis alta ($230N-120 P_2O_5-90K_2O$).

La combinación de los tres híbridos y las cuatro dosis de fertilización generó doce tratamientos experimentales. Cada tratamiento fue evaluado en cuatro repeticiones bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), obteniéndose un total de 48 unidades experimentales. Para la evaluación de las variables agronómicas se consideraron catorce plantas útiles por unidad experimental, seleccionadas en la parte central de la parcela para evitar el efecto borde.

5.2.4. Actividades antes del experimento

Análisis de suelos

Previamente a la instalación del experimento se realizó el muestreo de suelo con la finalidad de determinar las características químicas y de fertilidad del terreno experimental, así como conocer la disponibilidad inicial de nutrientes y formular el plan de fertilización empleado en la investigación.

El muestreo de suelo se efectuó el 04 de noviembre de 2024 en la parcela experimental Buena Vista, ubicada en el distrito de Quellouno, provincia de La Convención, departamento de Cusco. La ubicación geográfica del área experimental corresponde a las coordenadas UTM 771901 m E y 8602085 m N, a una altitud de 1412 msnm, en un área útil de 940 m².

Para la obtención de la muestra compuesta se utilizó el método de muestreo en zigzag, recorriendo uniformemente toda el área experimental. Se tomaron entre 10 submuestras a una profundidad de 0 a 20 cm, utilizando una pala recta. Posteriormente, las submuestras fueron

homogenizadas en un recipiente limpio para obtener una muestra compuesta representativa de aproximadamente 1 kg de suelo.

La muestra fue identificada, embolsada y enviada al Laboratorio de Suelos Agrícolas Valle Grande, ubicado en la provincia de Cañete, departamento de Lima, donde se realizaron los análisis físico-químicos correspondientes.

Los parámetros analizados incluyeron pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, fósforo disponible, potasio disponible, nitrógeno, capacidad de intercambio catiónico y textura del suelo, entre otros indicadores de fertilidad.

Los resultados del análisis de suelo fueron utilizados para la formulación de las dosis de fertilización, de acuerdo con las condiciones nutricionales iniciales del terreno y los requerimientos del cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

5.2.5. Conducción del experimento

a. Preparación del terreno

Se realizó la limpieza, extracción y retiro de suelo con contenido orgánico, hierbas, arbustos y árboles del terreno, como trabajo previo al inicio de la instalación y siembra de los híbridos de maíz en estudio, la preparación de terreno se realizó los días 3 al 5 de diciembre de 2024.

Figura 5.
Preparación del terreno



b. Marcado y trazado de la parcela experimental

El marcado y trazado de la parcela experimental se efectuó el 6 de diciembre del 2024 en un área de 940.00 m².

Se realizó el marcado y división de las parcelas experimentales, codificando las unidades de análisis y sus respectivas repeticiones señalando en el terreno cada uno de los códigos y tratamientos a realizar según el diseño experimental.

Figura 6.
Marcado y trazado de la parcela experimental



c. Siembra

La siembra se efectuó con los siguientes distanciamientos:

- Distancia entre plantas : 0.30m
- Ancho de surco : 0.80m
- Área por planta : 0.24m²

Cabe señalar que por cada punto de siembra se colocó dos semillas de híbrido de maíz en estudio. Asimismo, la siembra se realizó el 9 de diciembre del 2024.

d. Labores culturales

Estas labores se realizaron una vez instalado los híbridos de maíz en evaluación consistiendo en las siguientes actividades:

d.1. Deshierbe y limpieza manual

Se realizó el deshierbe manual del campo experimental a la aparición de los primeros brotes de malezas. Esta actividad se efectuó dos veces durante el periodo experimental el primer deshierbe se realizó el 23 de diciembre de 2024 y el segundo, el 13 de enero de 2025.

Figura 7.
Deshierbe del terreno



d.2. Riego

No se realizó el riego manual, debido a que no fue necesario debido a las precipitaciones pluviales propias de la época.

d.3. Control fitosanitario

El control fitosanitario se llevó a cabo como preventivo a los 37 días después de la siembra (15/01/2025).

Figura 8.
Control fitosanitario



Durante la conducción de la parcela experimental se realizó las siguientes actividades:

d.4. Aplicación de las dosis de fertilización

Determinación del nivel de fertilización

Para determinar el nivel óptimo de fertilización de los híbridos de maíz (*Zea mays* L.), se realizó las siguientes actividades:

Después del sembrío de los híbrido de maíz en las parcelas experimentales, se aplicó los siguientes niveles de fertilización:

- Nivel de fertilización bajo: 110N-60P-40K
- Nivel de fertilización medio: 150N-90P-60K
- Nivel de fertilización alto: 230N-120P-90K

Cabe señalar que los abonos aplicados fueron urea y fosfato diamónico.

Figura 9.
Preparación de los abonos para fertilización



La fertilización se inició a los 15 días después de la siembra (23/12/2025), cuando las plantas presentaron cuatro hojas desplegadas (etapa fenológica V4); aplicando el fosfato diamónico en dos partes. La segunda aplicación nitrogenada se efectuó a los 37 días después de la siembra (15/01/2025) en la etapa V6 o con 6 hojas extendidas.

Los niveles de fertilización se aplicaron de la siguiente manera:

Nivel de fertilización bajo

Tabla 5.
Nivel de fertilización bajo

Concepto	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	CaO (kg/ha)	Interpretación
Requerimiento nutricional del cultivo	110	60	40	-	Nutrientes requeridos para alcanzar el rendimiento objetivo.
Aporte estimado del suelo	66.78	19.88	262.08	5,504.79	Nutrientes disponibles según análisis de suelo.
Déficit nutricional a cubrir mediante fertilización	43.22	40.12	0	0	Diferencia entre requerimiento y aporte del suelo.
Aporte del fosfato diamónico (87.22 kg/ha)	15.7	40.12	-	-	Cubre totalmente el requerimiento de fósforo y aporta parte del nitrógeno.
Aporte de la urea (59.83 kg/ha)	27.52	-	-	-	Completa el déficit de nitrógeno.
Total aportado por fertilizantes	43.22	40.12	0	0	Reposición total del déficit nutricional calculado.

El balance nutricional para el nivel de fertilización bajo (110-60-40 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O) se realizó considerando los requerimientos nutricionales del cultivo y el aporte estimado del suelo según los resultados del análisis químico. El cultivo requirió 110 kg/ha de nitrógeno, 60 kg/ha de fósforo (P₂O₅) y 40 kg/ha de potasio (K₂O). Por su parte, el suelo aportó 66.78 kg/ha de nitrógeno, 19.88 kg/ha de fósforo, 262.08 kg/ha de potasio y 5,504.79 kg/ha de calcio (CaO).

La comparación entre los requerimientos del cultivo y la disponibilidad de nutrientes en el suelo permitió determinar un déficit de 43.22 kg/ha de nitrógeno y 40.12 kg/ha de fósforo, mientras que el contenido de potasio y calcio fue suficiente para cubrir las necesidades nutricionales del cultivo. Para suplir dicho déficit se aplicaron 87.22 kg/ha de fosfato diamónico, que aportaron 15.70 kg/ha de nitrógeno y 40.12 kg/ha de P₂O₅, complementándose el nitrógeno restante mediante la aplicación de 59.83 kg/ha de urea, equivalente a 27.52 kg/ha de nitrógeno. En conjunto, ambos fertilizantes permitieron cubrir totalmente el déficit nutricional calculado para nitrógeno y fósforo.

Tabla 6.
Etapas de aplicación de fertilizante- nivel de fertilización bajo

Etapas	Fertilizante	Dosis (kg/ha)	Dosis (g/golpe)	Objetivo
15 DDS*	Fosfato diamónico (18-46-0)	87.22	2.09	Suministrar fósforo y nitrógeno para el desarrollo inicial del cultivo
35 DDS	Urea (46-0-0)	59.83	1.44	Complementar el nitrógeno requerido durante el crecimiento vegetativo
Total	-	147.05	3.53	Cubrir el déficit nutricional de N y P ₂ O ₅

DDS= días después de la siembra

El plan de fertilización correspondiente al nivel de fertilización bajo se realizó en dos aplicaciones. La primera se efectuó a los 15 días después de la siembra (DDS) el 23 de diciembre de 2024, mediante la aplicación de 87.22 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0), equivalente a 2.09 g por golpe, con el propósito de suministrar fósforo y nitrógeno durante las etapas iniciales de crecimiento y favorecer el desarrollo radicular y vegetativo del cultivo.

La segunda aplicación se realizó a los 35 DDS (13/01/2025) utilizando 59.83 kg/ha de urea (46-0-0), equivalente a 1.44 g por golpe, con la finalidad de complementar el nitrógeno requerido durante la fase de crecimiento vegetativo, periodo en el que la demanda de este nutriente se incrementa significativamente.

Figura 10.
Aplicación de fertilizante



En total, se aplicaron 147.05 kg/ha de fertilizantes, equivalentes a 3.53 g por golpe.

Nivel de fertilización medio

Tabla 7.
Nivel de fertilización bajo

Concepto	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	CaO (kg/ha)	Interpretación
Requerimiento nutricional del cultivo	150	90	60	-	Nutrientes requeridos para alcanzar el rendimiento objetivo.
Aporte estimado del suelo	66.78	19.88	262.08	5,504.79	Nutrientes disponibles según análisis de suelo.
Déficit nutricional a cubrir mediante fertilización	83.22	70.12	0	0	Diferencia entre requerimiento y aporte del suelo.
Aporte del fosfato diamónico (152.43 kg/ha)	27.44	70.12	-	-	Cubre totalmente el requerimiento de fósforo y aporta parte del nitrógeno.
Aporte de la úrea (121 kg/ha)	55.78	0	-	-	Completa el déficit de nitrógeno.
Total aportado por fertilizantes	83.22	70.12	0	0	Reposición total del déficit nutricional calculado.

El balance nutricional correspondiente al nivel de fertilización media (150-90-60 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O) se determinó a partir de los requerimientos nutricionales del cultivo y del aporte estimado de nutrientes proporcionado por el suelo según el análisis químico realizado. El cultivo requirió 150 kg/ha de nitrógeno (N), 90 kg/ha de fósforo (P₂O₅) y 60 kg/ha de potasio (K₂O), mientras que el suelo aportó 66.78 kg/ha de N, 19.88 kg/ha de P₂O₅, 262.08 kg/ha de K₂O y 5,504.79 kg/ha de CaO.

Al comparar los requerimientos del cultivo con la disponibilidad de nutrientes en el suelo, se identificó un déficit de 83.22 kg/ha de nitrógeno y 70.12 kg/ha de fósforo, mientras que los niveles de potasio y calcio fueron suficientes para satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo, por lo que no se requirió la aplicación de fertilizantes potásicos ni fuentes de calcio.

Para cubrir el déficit de fósforo se aplicaron 152.43 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0), que aportaron 70.12 kg/ha de P₂O₅ y 27.44 kg/ha de nitrógeno. El nitrógeno restante fue complementado mediante la aplicación de 121.00 kg/ha de urea (46-0-0), equivalente a 55.78 kg/ha de nitrógeno. En conjunto, ambos fertilizantes aportaron 83.22 kg/ha de nitrógeno y 70.12 kg/ha de fósforo, cubriendo completamente el déficit nutricional determinado para este nivel de fertilización.

Tabla 8.
Etapas de aplicación de fertilizante- nivel de fertilización alto

Etapas	Fertilizante	Dosis (kg/ha)	Dosis (g/golpe)	Objetivo
15 DDS	Fosfato diamónico (18-46-0)	152.43	3.66	Suministrar fósforo y nitrógeno para el desarrollo inicial del cultivo
35 DDS	Urea (46-0-0)	121	2.91	Complementar el nitrógeno requerido durante el crecimiento vegetativo
Total	-	273.43	6.57	Cubrir el déficit nutricional de N y P ₂ O ₅

Nivel de fertilización alto

Tabla 9.
Nivel de fertilización alto

Concepto	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	CaO (kg/ha)	Interpretación
Requerimiento nutricional del cultivo	230	120	90	-	Nutrientes requeridos para alcanzar el rendimiento objetivo.
Aporte estimado del suelo	66.78	19.88	262.08	5,504.79	Nutrientes disponibles según análisis de suelo.
Déficit nutricional a cubrir mediante fertilización	163.22	100.12	0	0	Diferencia entre requerimiento y aporte del suelo.
Aporte del fosfato diamónico (217.65 kg/ha)	39.18	100.12	-	-	Cubre totalmente el requerimiento de fósforo y aporta parte del nitrógeno.
Aporte de la urea (269.65 kg/ha)	124.04	0	-	-	Completa el déficit de nitrógeno.
Total aportado por fertilizantes	163.22	100.12	0	0	Reposición total del déficit nutricional calculado.

El balance nutricional correspondiente al nivel de fertilización alta (230-120-90 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O) se determinó a partir de los requerimientos nutricionales del cultivo y del aporte estimado de nutrientes proporcionado por el suelo según los resultados del análisis químico. El cultivo requirió 230 kg/ha de nitrógeno (N), 120 kg/ha de fósforo (P₂O₅) y 90 kg/ha de potasio (K₂O), mientras que el suelo aportó 66.78 kg/ha de N, 19.88 kg/ha de P₂O₅, 262.08 kg/ha de K₂O y 5,504.79 kg/ha de CaO.

La comparación entre los requerimientos del cultivo y la disponibilidad de nutrientes en el suelo permitió identificar un déficit de 163.22 kg/ha de nitrógeno y 100.12 kg/ha de fósforo. En contraste, los contenidos de potasio y calcio presentes en el suelo fueron suficientes para satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo, por lo que no fue necesaria la aplicación de fertilizantes potásicos ni fuentes de calcio.

Para cubrir el déficit de fósforo se aplicaron 217.65 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0), que aportaron 100.12 kg/ha de P₂O₅ y 39.18 kg/ha de nitrógeno. El nitrógeno restante fue complementado mediante la aplicación de 269.65 kg/ha de urea (46-0-0), equivalente a un

aporte de 124.04 kg/ha de nitrógeno. En conjunto, ambos fertilizantes aportaron 163.22 kg/ha de nitrógeno y 100.12 kg/ha de fósforo, cubriendo completamente el déficit nutricional calculado para este nivel de fertilización y garantizando la disponibilidad de nutrientes requerida para alcanzar el rendimiento objetivo del cultivo.

Tabla 10.

Etapas de aplicación de fertilizante- nivel de fertilización alto

Etapas	Fertilizante	Dosis (kg/ha)	Dosis (g/golpe)	Objetivo
15 DDS	Fosfato diamónico (18-46-0)	217.65	5.23	Suministrar fósforo y nitrógeno para el desarrollo inicial del cultivo
35 DDS	Urea (46-0-0)	269.65	6.47	Complementar el nitrógeno requerido durante el crecimiento vegetativo
Total	-	487.30	11.70	Cubrir el déficit nutricional de N y P ₂ O ₅

El nivel de fertilización alta se ejecutó mediante dos aplicaciones fraccionadas, con la finalidad de garantizar una adecuada disponibilidad de nutrientes durante las etapas críticas de crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz.

La primera aplicación se realizó a los 15 días después de la siembra (DDS), mediante la incorporación de 217.65 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0), equivalente a 5.23 g por golpe. Esta fertilización tuvo como finalidad suministrar fósforo y nitrógeno durante las etapas iniciales del cultivo, favoreciendo el desarrollo radicular, el establecimiento de las plantas y el crecimiento vegetativo temprano.

La segunda aplicación se efectuó a los 35 DDS utilizando 269.65 kg/ha de urea (46-0-0), equivalente a 6.47 g por golpe. Esta dosis permitió complementar el nitrógeno requerido durante la fase de crecimiento vegetativo.

En total, se aplicaron 487.30 kg/ha de fertilizantes, equivalentes a 11.70 g por golpe. Esta estrategia de fertilización permitió cubrir el déficit nutricional de nitrógeno y fósforo determinado a partir del balance entre los requerimientos del cultivo y el aporte estimado de

nutrientes del suelo, garantizando una adecuada disponibilidad de estos elementos para maximizar el crecimiento y el potencial productivo del cultivo.

e. Cosecha

La cosecha se realizó aproximadamente a los 135 días después de la siembra (23/04/2025), cuando las mazorcas de maíz alcanzaron la madurez fisiológica. Previamente se efectuó una inspección visual de las plantas de cada unidad experimental considerando principalmente el secado de las brácteas de la mazorca, así como el secado completo de los estigmas. Asimismo, se observó la consistencia dura de los granos, características propias de la etapa de cosecha.

Figura 11.

Cosecha de maíz con la identificación de cada tratamiento



La cosecha se efectuó manualmente en cada unidad experimental, considerando únicamente las 14 plantas previamente seleccionadas para la evaluación, descartándose las plantas de los extremos con la finalidad de evitar el efecto borde.

Una vez cosechadas, las mazorcas de cada unidad experimental fueron agrupadas y colocadas en sacos individuales debidamente identificados con el código del tratamiento y la repetición correspondiente. Posteriormente, se procedió a evaluar las características agronómicas de las mazorcas, tales como longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número

de hileras por mazorca, número de granos por hilera y otras variables contempladas en la investigación.

Concluidas las evaluaciones de campo, las mazorcas fueron desgranadas manualmente, obteniéndose una muestra compuesta por todos los granos producidos por las 14 plantas útiles de cada unidad experimental. Las muestras de grano fueron registradas, codificadas y acondicionadas para su secado.

El secado se realizó hasta alcanzar un contenido de humedad del 14 %, valor considerado adecuado para la evaluación del rendimiento y almacenamiento del grano. Para verificar dicho porcentaje de humedad se utilizó un medidor de humedad de granos, realizando controles periódicos durante el proceso de secado.

El secado de los granos se realizó inmediatamente después del desgrane, extendiendo las muestras de cada unidad experimental en capas delgadas sobre mantas plásticas limpias bajo condiciones de secado natural. Durante el proceso, los granos fueron removidos periódicamente para favorecer una pérdida uniforme de humedad y evitar el desarrollo de hongos o fermentaciones. Asimismo, las muestras fueron protegidas de precipitaciones y humedad ambiental excesiva mediante su cobertura temporal durante las horas de la noche o en condiciones climáticas adversas.

Para determinar el contenido de humedad del grano se utilizó un medidor digital de humedad de granos previamente calibrado. Las mediciones se realizaron diariamente tomando submuestras representativas de cada unidad experimental. El proceso de secado continuó hasta que las lecturas registraron un contenido de humedad promedio de 14 %, valor considerado adecuado para la evaluación del rendimiento y almacenamiento seguro del grano. Una vez alcanzado dicho porcentaje, las muestras fueron acondicionadas en bolsas debidamente identificadas para su posterior limpieza y pesaje.

Procedimiento

- Se verificó la madurez fisiológica de las plantas mediante la observación del secado de la chala y los estigmas de las mazorcas.

- Se identificaron las 14 plantas útiles de cada unidad experimental, descartando las plantas afectadas por efecto borde.
- Se cosecharon manualmente las mazorcas de las plantas seleccionadas.
- Las mazorcas cosechadas fueron colocadas en sacos debidamente etiquetados con el código del tratamiento y repetición.
- Se evaluaron las características agronómicas de las mazorcas correspondientes a cada unidad experimental.
- Se realizó el desgrane manual de todas las mazorcas cosechadas en cada unidad experimental.
- Los granos obtenidos fueron registrados, codificados y acondicionados para el secado.
- Las muestras fueron secadas hasta alcanzar un contenido de humedad de 14 %.
- Se efectuó la limpieza de las muestras eliminando impurezas y materiales extraños.
- Se pesó el total de grano producido por cada unidad experimental utilizando una balanza calibrada.
- • Los datos obtenidos fueron registrados para la determinación del rendimiento de grano y el análisis estadístico correspondiente.
- El rendimiento de producción de maíz por planta se determinó mediante el cálculo del promedio de grano producido por las 14 plantas útiles evaluadas en cada unidad experimental. Para ello, el peso total de grano obtenido en cada muestra fue dividido entre el número de plantas cosechadas (14 plantas), obteniéndose el rendimiento expresado en gramos por planta:
- Para determinar la dosis óptima de fertilización de los tratamientos efectuados en la investigación, los datos del rendimiento de producción de maíz fueron sometidos a un análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental antes descrito. La comparación

de las dosis de niveles de fertilización de los híbridos de maíz se realizó mediante la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95 %.

Evaluación de las características agronómicas

La toma de datos de las características agronómicas de la planta se realizó durante la fase vegetativa (datos biométricos de floración, número de granos por fila, número de pares de hojas, etc), registrando dichos datos de acuerdo al siguiente detalle:

a. Altura de planta a la floración

Se registró la altura de las plantas cuando un 75% de las plantas florecieron, midiendo la longitud desde la base de los tallos hasta el brote apical más alto. Sin considerar las inflorescencias.

b. Altura de inserción de mazorca

Para la evaluación de este indicador se realizó la medición de las plantas marcadas desde el nivel del suelo hasta el nudo donde se inserta la mazorca superior (Barandiarán 2020).

Figura 12.
Medición de la altura de inserción de mazorca



c. Prolificidad

La prolificidad es un aspecto principal de rendimiento, en la obtención de este dato se tomó el número promedio de mazorcas por planta (Tafolla et al., 2021).

d. Peso de mazorca

Se cosechó en seco y se tomó el peso individual y total de las mazorcas por planta de los tratamientos evaluados, previamente las mazorcas cosechadas se colocaron en las cabeceras de los surcos para su conteo y calificación de calidad.

Figura 13.
Pesaje de mazorca



e. Longitud de mazorca

Se midió de extremo a extremo cada mazorca de maíz para su evaluación (Barandiarán 2020).

Figura 14.
Medición de la altura de mazorca



f. Diámetro de mazorca

Se realizó la medición del diámetro de todas las mazorcas de las plantas señaladas, en el tercio medio de cada mazorca, asimismo se tomó el perímetro con una cinta métrica, luego se despejó el radio, multiplicado por 2 se obtuvo el diámetro.

Figura 15.
Medición del diámetro de mazorca



g. Hilera por mazorca

Se contó el número de filas por cada mazorca, de los tratamientos, posteriormente se calculó el promedio, utilizando el descriptor de maíz de Fuentes (2008).

h. Número de granos por fila

Se realizó el conteo del número de granos por hilera de mazorcas.

Figura 16.
Conteo de numero de granos por fila



Determinación de la relación: dosis de fertilización y calidad del grano

Para determinar la relación entre las dosis de fertilización y la calidad del grano de maíz”, se describieron las siguientes características:

a. Determinación del peso hectolítrico

Para la determinación del peso hectolítrico se colocó la muestra en un envase de 1 litro al ras del recipiente, luego la muestra se pesó, utilizando una balanza de precisión. Todas las muestras se realizaron con una humedad de 14%.

Figura 17.
Determinación del peso hectolitrico



VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación se llevó a cabo en el sector de Buena Vista, distrito de Quellouno, provincia de La Convención. El periodo de investigación fue del 09 de diciembre del 2024 al 12 de mayo del 2025, Durante el periodo de ejecución del estudio, se registró una temperatura promedio de 25,5 °C y una precipitación acumulada de 22 mm correspondiente al mes de mayo de 2025. Asimismo, el suelo del área experimental presentó una clase textural franco arcillosa, caracterizada por una textura moderadamente fina, adecuada capacidad de retención de agua y nutrientes, así como condiciones favorables para el desarrollo y crecimiento del cultivo de maíz

Los resultados de la investigación se han ordenado de acuerdo a los objetivos planteados y se detallan de la siguiente manera:

6.1. Determinación de la dosis óptima de fertilización para maximizar el rendimiento de los híbridos

Tabla 11.
Rendimientos obtenidos de los tratamientos

Dosis de fertilización	Variedad de maíz	Tratamiento	Repeticiones				Promedio (t/ha)
			1	2	3	4	
Testigo (sin fertilización)	Dekalb-7500	T ₁	1.84	1.30	1.34	1.47	1.49
Testigo (sin fertilización)	ADV 9139	T ₂	1.29	1.43	1.49	1.57	1.45
Testigo (sin fertilización)	Marginal 28	T ₃	1.53	1.76	1.84	1.64	1.69
120N-60P-40K	Dekalb-7500	T ₄	2.12	2.93	3.20	2.81	2.76
120N-60P-40K	ADV 9139	T ₅	1.91	2.34	2.17	2.04	2.12
120N-60P-40K	Marginal 28	T ₆	1.75	2.99	2.87	2.61	2.56
200N-90P-60K	Dekalb-7500	T ₇	2.62	3.10	2.87	2.72	2.83
200N-90P-60K	ADV 9139	T ₈	2.60	2.86	2.87	2.43	2.69
200N-90P-60K	Marginal 28	T ₉	2.57	3.10	2.53	2.42	2.66
280N-120P-90K	Dekalb-7500	T ₁₀	1.91	2.63	2.68	2.54	2.44
280N-120P-90K	ADV 9139	T ₁₁	2.53	2.23	2.79	2.72	2.57
280N-120P-90K	Marginal 28	T ₁₂	1.97	1.95	2.29	2.41	2.16

6.1.1. Rendimiento de maíz

Tabla 12.
Análisis de varianza del rendimiento

Variable dependiente: Rendimiento

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	10,963 ^a	11	,997	11,108	,000
Intersección	250,162	1	250,162	2788,097	,000
Dosis	9,519	3	3,173	35,365	,000
Híbrido	,255	2	,128	1,421	,255
Dosis * Híbrido	1,189	6	,198	2,208	,065
Error	3,230	36	,090		
Total	264,355	48			
Total corregido	14,193	47			

a. R al cuadrado = ,772 (R al cuadrado ajustada = ,703)

Asimismo, se observa que los tratamientos que recibieron fertilización presentaron, en términos generales, mayores valores de rendimiento respecto a los tratamientos testigo. Sin embargo, la magnitud de estas diferencias se ha corroborado mediante el análisis estadístico para determinar su significancia.

La tabla 12 muestra el análisis de varianza para la variable rendimiento de grano de maíz. Los resultados evidencian que el modelo estadístico fue significativo ($p < 0,01$), indicando que los factores evaluados explicaron una proporción importante de la variabilidad observada en el rendimiento.

El factor dosis de fertilización presentó diferencias significativas ($F = 35,365$; $p = 0,000$), demostrando que los niveles de fertilización aplicados influyeron significativamente sobre el rendimiento de los híbridos de maíz evaluados. Este resultado indica que el incremento del nivel de fertilización modificó la capacidad productiva del cultivo, generando respuestas diferenciadas entre las dosis estudiadas.

Por el contrario, el factor híbrido no mostró diferencias estadísticas significativas ($F = 1,421$; $p = 0,257$), lo que indica que los híbridos Dekalb-7500, ADV 9139 y Marginal 28 presentaron rendimientos estadísticamente similares bajo las condiciones edafoclimáticas del distrito de Quellouno. Aunque existieron diferencias numéricas entre los promedios, estas no

fueron suficientes para ser consideradas estadísticamente distintas al nivel de significancia del 5%.

Asimismo, la interacción dosis $\times$ híbrido no resultó significativa ($F = 2,208$; $p = 0,065$), lo que sugiere que la respuesta de los híbridos frente a las diferentes dosis de fertilización fue similar. Es decir, el efecto de la fertilización sobre el rendimiento no dependió del híbrido evaluado, permitiendo interpretar de manera independiente el efecto principal de las dosis de fertilización.

Sin embargo, cabe señalar que el rendimiento del cultivo también está condicionado por las condiciones climáticas predominantes durante el ciclo de cultivo, tales como la precipitación, temperatura, humedad relativa y radiación solar, las cuales influyen en los procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento, llenado de grano y acumulación de biomasa.

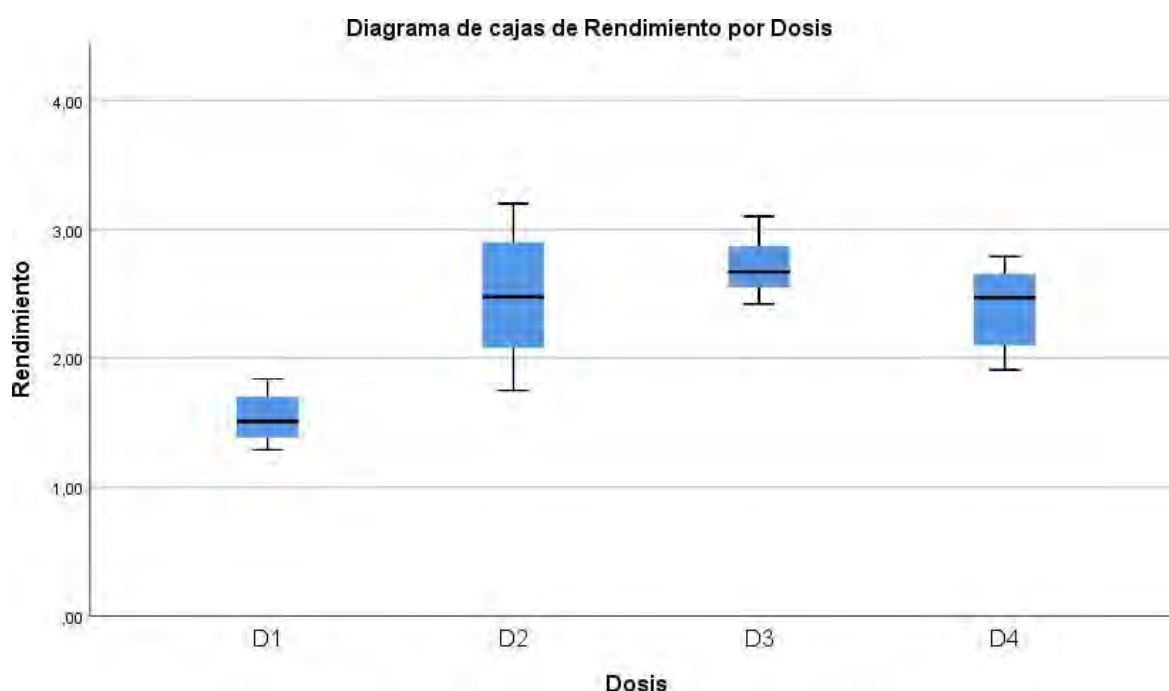
Tabla 13.
Prueba de Tukey peso de granos por planta

<i>Rendimiento</i>				
HSD Tukey ^{a,b}				
Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
D1	12	1,5417		
D4	12		2,3875	
D2	12		2,4783	2,4783
D3	12			2,7242
Sig.		1,000	,879	,203

La prueba de Tukey al 95 % de confianza (Tabla 13) mostró que las dosis de fertilización ejercieron un efecto significativo sobre el rendimiento de grano de maíz. La dosis D3 (150N-90P-60K) obtuvo el mayor rendimiento promedio con 2,7242 t/ha, mientras que el tratamiento testigo presentó el menor rendimiento con 1,5417 t/ha. Asimismo, se observó que las dosis D2 (110N-60P-40K) y D3 (150N-90P-60K), así como D2 (110N-60P-40K) y D4 (230N-120P-90K) mostraron comportamientos estadísticos similares entre sí, aunque todas superaron significativamente al testigo.

Los resultados también concuerdan con estudios de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2017), que afirman que el maíz responde positivamente al incremento de la fertilización nitrogenada hasta alcanzar un punto óptimo, después del cual las ganancias en rendimiento tienden a ser mínimas o nulas. De igual manera, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo-CIMMYT (2017) sostiene que la aplicación eficiente de nitrógeno y fósforo es clave para maximizar el rendimiento, siendo el nitrógeno el nutriente más limitante en la producción de este cereal.

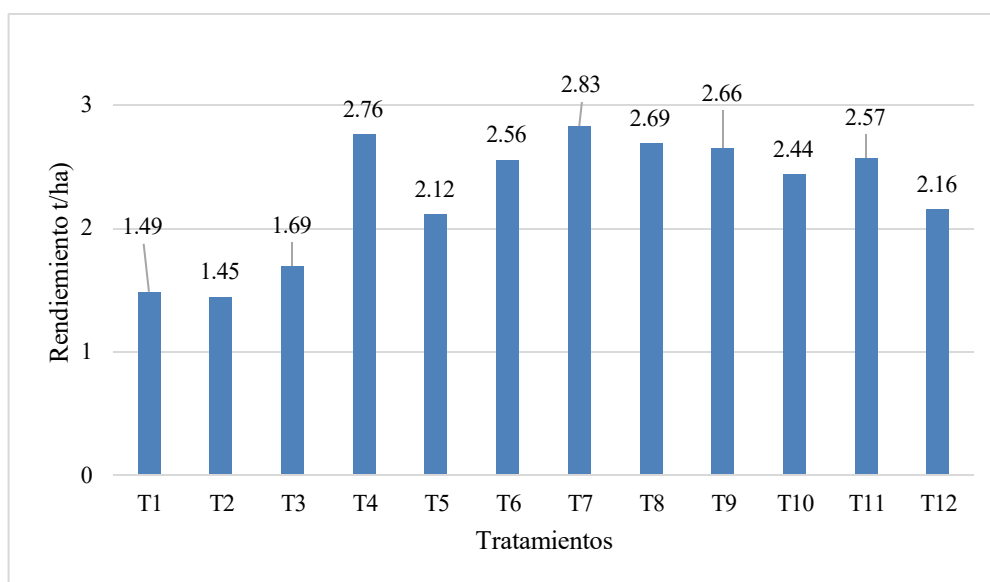
Figura 18.
Comparación de peso de granos por planta



Los resultados obtenidos muestran que el rendimiento en peso de granos por planta fue influenciado por la dosis de fertilización aplicada, observándose que la dosis D3 (150-90-60) mostró el mayor valor de peso de granos por planta (2725,28 Kg/ha); asimismo al incrementar la dosis de fertilización se produjo una mejora significativa en el rendimiento, siendo dicha dosis el límite a partir del cual no se evidenció un aumento proporcional, lo que coincide con lo reportado por Paredes Mendoza (2001), quien señala que la respuesta del maíz a la fertilización presenta un rendimiento decreciente a partir de una dosis óptima, a medida que se incrementa el nivel de fertilización.

En contraste, la dosis D4 (230-120-90) presentó menor valor de rendimiento, lo que indica que la respuesta del rendimiento depende principalmente de la fertilización y la adaptación de la planta a las condiciones edafoclimáticas locales. Esto se respalda en los estudios de Espinoza y Gamarra (2022) quienes enfatizan que la interacción fertilización $\times$ ambiente es determinante para expresar el potencial de rendimiento.

Figura 19.
Rendimiento de maíz



6.2. Determinación de la dosis de fertilización e híbrido con mejores características agronómicas

6.2.1. Altura de planta a la floración

Tabla 14.
Altura de planta a la floración

Dosis de fertilización	Variedad de maíz	Tratamiento	Repeticiones				Promedio
			1	2	3	4	
Testigo (sin fertilización)	Dekalb-7500	T ₁	176.2	223.0	221.5	224.6	211.3
Testigo (sin fertilización)	ADV 9139	T ₂	194.2	198.4	197.9	201.5	198.0
Testigo (sin fertilización)	Marginal 28	T ₃	195.8	263.9	258.7	262.1	245.1
120N-60P-40K	Dekalb-7500	T ₄	207.7	217.4	214.4	215.7	213.8
120N-60P-40K	ADV 9139	T ₅	180.8	196.4	203.1	200.7	195.2
120N-60P-40K	Marginal 28	T ₆	270.4	275.7	272.5	278.1	274.2
200N-90P-60K	Dekalb-7500	T ₇	275.7	228.7	244.5	221.9	242.7
200N-90P-60K	ADV 9139	T ₈	193.0	201.0	192.6	191.1	194.4
200N-90P-60K	Marginal 28	T ₉	179.0	251.3	235.6	262.9	232.2
280N-120P-90K	Dekalb-7500	T ₁₀	204.0	224.7	214.9	206.6	212.6
280N-120P-90K	ADV 9139	T ₁₁	203.0	182.1	183.1	188.8	189.2
280N-120P-90K	Marginal 28	T ₁₂	183.2	210.8	237.0	219.3	212.6

Tabla 15.
Análisis de varianza de altura de planta a la floración

Variable dependiente: Altura de planta a la floración

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	26421,929 ^a	11	2401,994	6,027	0,000
Intersección	2253142,671	1	2253142,671	5653,218	0,000
Dosis	4048,877	3	1349,626	3,386	0,028
Híbrido	14788,040	2	7394,020	18,552	0,000
Dosis * Híbrido	7585,013	6	1264,169	3,172	0,013
Error	14348,135	36	398,559		
Total	2293912,735	48			
Total corregido	40770,065	47			

a. R al cuadrado = ,648 (R al cuadrado ajustada = ,541)

En la tabla 15 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la variable altura de planta a la floración en la que mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,001$). El coeficiente de determinación ajustado ($R^2 = 0,541$) indicó que el modelo explicó el 54,1 % de la variación total.

En cuanto a los factores evaluados, se determinó que la dosis de fertilización influyó significativamente sobre la altura de planta ($p = 0,028$), evidenciando que el incremento de nutrientes generó un mayor desarrollo vegetativo. Asimismo, el factor híbrido presentó un efecto altamente significativo ($p < 0,001$), lo que demuestra que las diferencias genéticas entre materiales impactaron de manera marcada en la expresión de la variable.

De manera relevante, se encontró una interacción significativa entre dosis e híbrido ($p = 0,013$), lo cual indica que la respuesta en altura de planta a la fertilización dependió del material genético evaluado. En consecuencia, el comportamiento de cada híbrido frente a las diferentes dosis de fertilización no fue homogéneo, existiendo combinaciones específicas que favorecieron un mayor crecimiento vegetativo.

Tabla 16.
Prueba de Tukey de altura de planta a la floración

Altura de planta a la floración			
HSD Tukey ^{a,b}			
Dosis	N	Subconjunto	
		1	2
D4	12	204,7942	
D1	12	210,9850	210,9850
D3	12	223,1083	223,1083
D2	12		227,7425
Sig.		0,130	0,187

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 398,559.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

b. Alfa = 0.05.

La prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) para la variable altura de planta a la floración mostró diferencias en función de las dosis de fertilización aplicadas (Tabla 16). La mayor altura promedio se obtuvo con la dosis D2 (227,74 cm), seguida por la dosis D3 (223,11 cm). En cambio, la dosis testigo (D1 = 210,99 cm) alcanzó un valor intermedio, mientras que la menor altura correspondió a D4 (204,79 cm).

La prueba de comparación múltiple agrupó a D2 y D3 en el subconjunto superior, lo cual indica que estas dosis ejercieron un efecto más favorable en el crecimiento vegetativo del cultivo. En contraste, D1 y D4 conformaron un grupo con valores menores de altura, sin diferencias significativas entre sí.

Resultados similares fueron reportados por Chancafe y Maldonado (2021), quienes encontraron variabilidad significativa en altura de planta entre híbridos de maíz, destacando que esta característica está fuertemente controlada por la interacción entre el genotipo y el ambiente. Sin embargo, estos resultados no concuerdan con lo señalado por Palomino (2014), quien concluyó que no encontró diferencias significativas en la altura de planta a la floración en la dosis de fertilización, sin embargo, si encontró diferencias significativas en el factor variedad.

Los resultados evidencian que la altura de planta a la floración fue influenciada significativamente por la dosis de fertilización, el híbrido y la interacción entre ambos factores, indicando que el crecimiento vegetativo del cultivo dependió tanto de la disponibilidad de nutrientes como de las características genéticas de cada material evaluado. Sin embargo, la expresión de esta variable no debe atribuirse exclusivamente a dichos factores, ya que el desarrollo de la planta también está condicionado por las condiciones ambientales predominantes durante el ciclo del cultivo, factores como la precipitación, temperatura, humedad relativa y radiación solar pueden modificar la tasa de crecimiento, la absorción de nutrientes y la acumulación de biomasa.

Figura 20.
Comparación de altura de planta a la floración

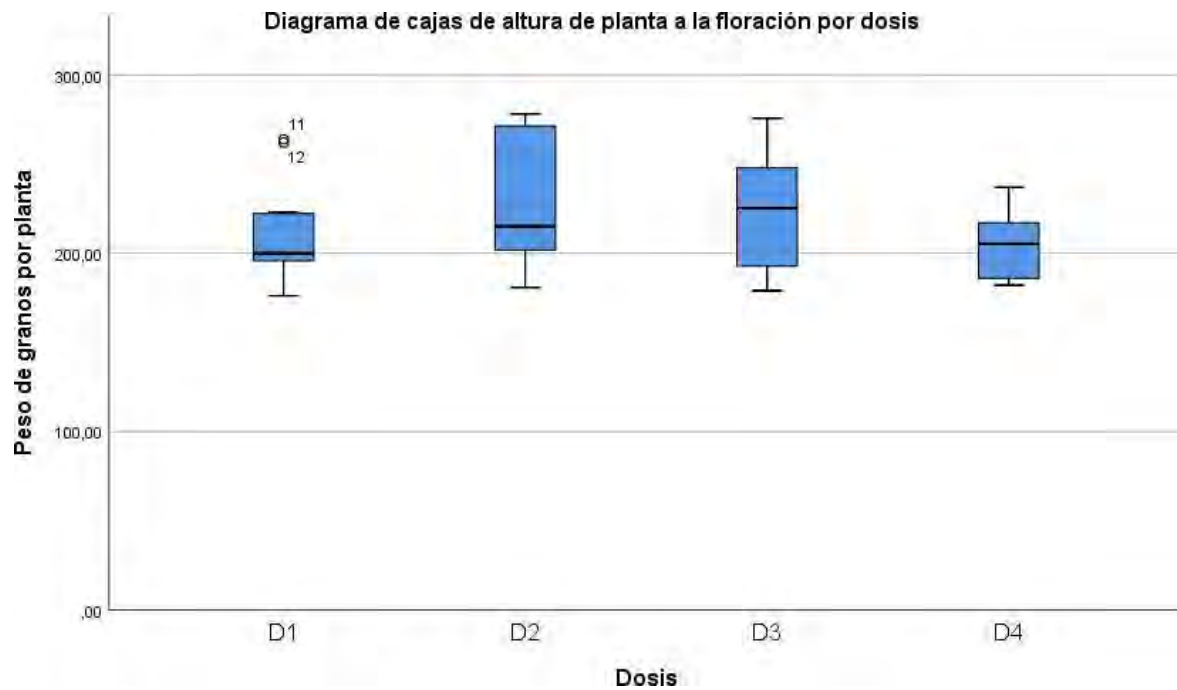
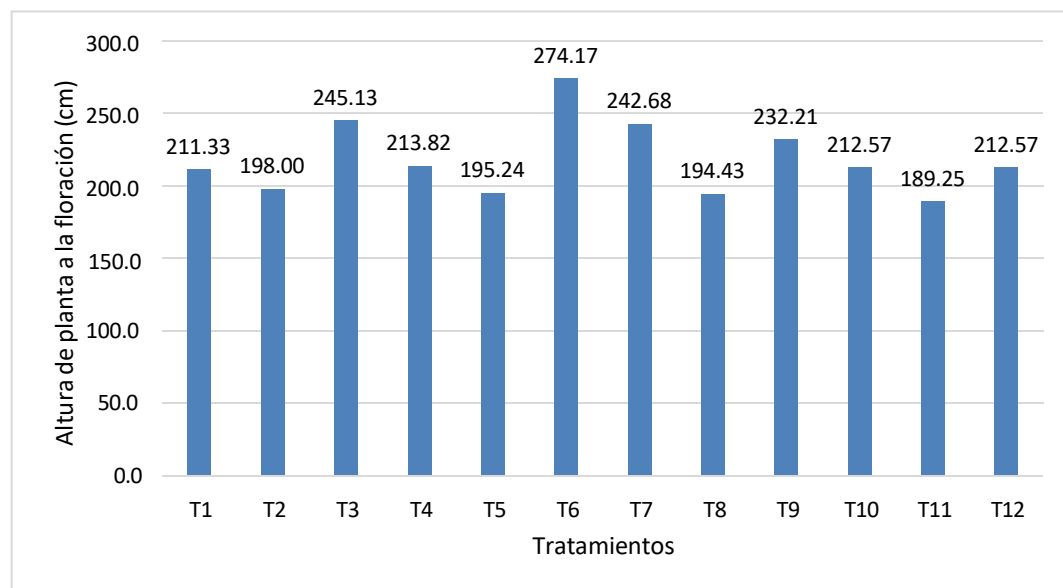


Figura 21.
Altura de plantas a la floración



6.2.2. Altura de inserción de mazorca

Tabla 17.

Altura de inserción de mazorca

Dosis de fertilización	Variedad de maíz	Tratamiento	Repeticiones				Promedio
			1	2	3	4	
Testigo (sin fertilización)	Dekalb-7500	T ₁	93.4	110	109.4	110.8	105.89
Testigo (sin fertilización)	ADV 9139	T ₂	99.25	99.6	100.9	103.6	100.85
Testigo (sin fertilización)	Marginal 28	T ₃	100.5	140.6	141.4	141.5	131.00
120N-60P-40K	Dekalb-7500	T ₄	85.35714	90.29	92.21	90.55	89.60
120N-60P-40K	ADV 9139	T ₅	78.35714	86.14	86.14	86.18	84.21
120N-60P-40K	Marginal 28	T ₆	83.07143	128	139.7	144.8	123.90
200N-90P-60K	Dekalb-7500	T ₇	157.75	118.1	124.5	122.5	130.73
200N-90P-60K	ADV 9139	T ₈	124	93.6	93.71	93.18	101.12
200N-90P-60K	Marginal 28	T ₉	157.5	160.7	178.5	174.6	167.84
280N-120P-90K	Dekalb-7500	T ₁₀	143.4286	119.7	117.1	121.7	125.50
280N-120P-90K	ADV 9139	T ₁₁	130.6667	96	94.93	94.45	104.01
280N-120P-90K	Marginal 28	T ₁₂	150	151.9	143.7	143.5	147.29

Tabla 18.

Análisis de varianza de altura de inserción de mazorca

Variable dependiente: Altura de inserción de la mazorca

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	25991,842 ^a	11	2362,895	11,005	0,000
Intersección	653268,002	1	653268,002	3042,472	0,000
Dosis	8683,809	3	2894,603	13,481	0,000
Híbrido	14801,131	2	7400,566	34,467	0,000
Dosis * Híbrido	2506,902	6	417,817	1,946	0,100
Error	7729,782	36	214,716		
Total	686989,626	48			
Total corregido	33721,625	47			

a. R al cuadrado = ,771 (R al cuadrado ajustada = ,701)

Los resultados se muestran en la tabla 18 que la dosis de fertilización y el híbrido de maíz influyeron significativamente en la altura de inserción de la mazorca ($p < 0.001$). El análisis de varianza reporta un valor de $F = 13.481$ para el factor dosis y $F = 34.467$ para el factor híbrido, ambos estadísticamente significativos al 1 %. Por otro lado, la interacción entre

dosis e híbrido no fue significativa ($p = 0.100$), lo cual indica que el comportamiento de los híbridos frente a las distintas dosis de fertilización fue independiente entre sí.

El coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado = 0.701) señala que el modelo explica el 70.1 % de la variabilidad de la altura de inserción de la mazorca, lo cual representa un buen ajuste del modelo experimental.

Tabla 19.

Prueba de Tukey altura de inserción de mazorca

Altura de inserción de la mazorca

HSD Tukey^{a,b}

Dosis	N	Subconjunto	
		1	2
D2	12	99,2358	
D1	12	108,5725	
D4	12		125,6008
D3	12		133,2342
Sig.		0,413	0,584

La prueba de Tukey clasificó a las dosis de fertilización en dos subconjuntos homogéneos:

El subconjunto 1 incluye a las dosis D2 (99.24 cm) y D1 (108.57 cm), que no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí. Estas corresponden a las dosis más bajas, posiblemente asociadas a un menor desarrollo estructural de la planta.

El subconjunto 2 agrupa a las dosis D4 (125.60 cm) y D3 (133.23 cm), las cuales muestran una mayor altura de inserción de la mazorca, sin diferencias significativas entre ellas, pero estadísticamente diferenciadas del subconjunto 1, tal como se observa en la tabla 19.

Los resultados alcanzados en la presente investigación referente a altura de inserción de la mazorca, no concuerdan con lo señalado por Palomino Quispe (2014), quien concluyó que no encontró diferencias significativas en la altura de inserción de la mazorca en la dosis de fertilización, sin embargo, si encontró diferencias significativas en el factor variedad.

Los resultados obtenidos muestran que la dosis de fertilización y el híbrido influyeron significativamente sobre la altura de inserción de la mazorca, indicando que tanto la

disponibilidad de nutrientes como las características genéticas del híbrido evaluados contribuyeron a la expresión de esta variable. Las mayores alturas de inserción se registraron en las dosis D3 y D4, lo que sugiere que un mayor suministro de nutrientes favoreció el crecimiento vegetativo donde se desarrolla la mazorca.

Sin embargo, la altura de inserción de la mazorca no depende exclusivamente de la fertilización aplicada. Esta característica también está condicionada por factores ambientales, como: la temperatura, precipitación, humedad relativa y radiación solar presentes durante el desarrollo del cultivo.

Figura 22.
Comparación de inserción de mazorca

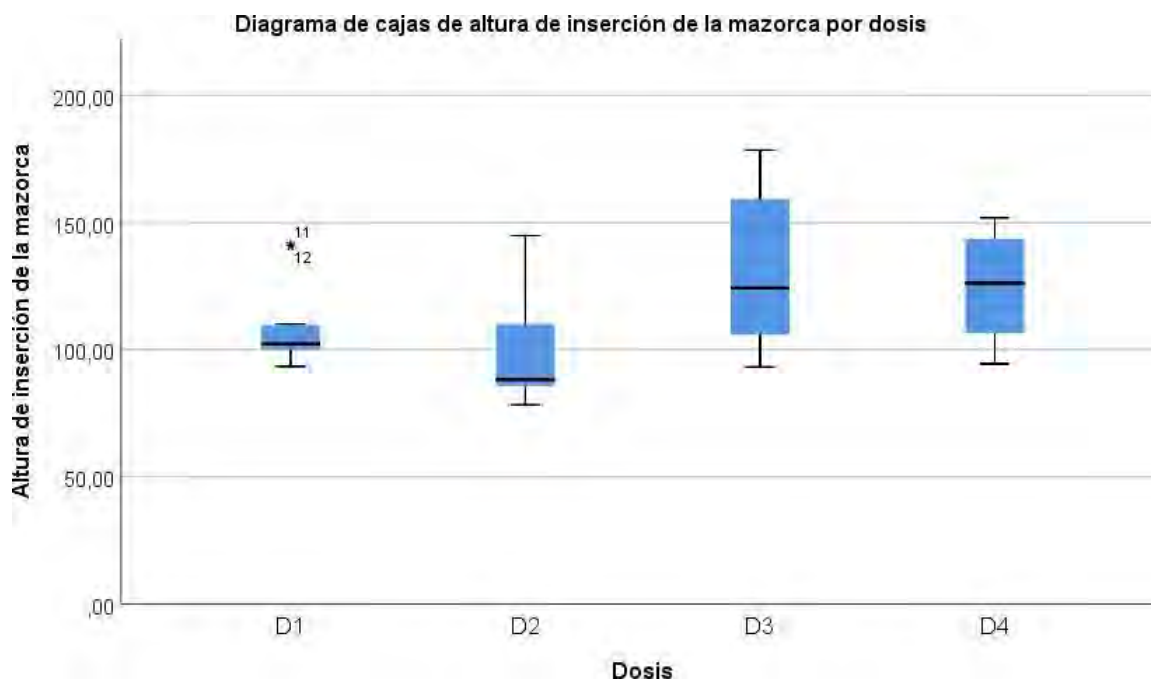
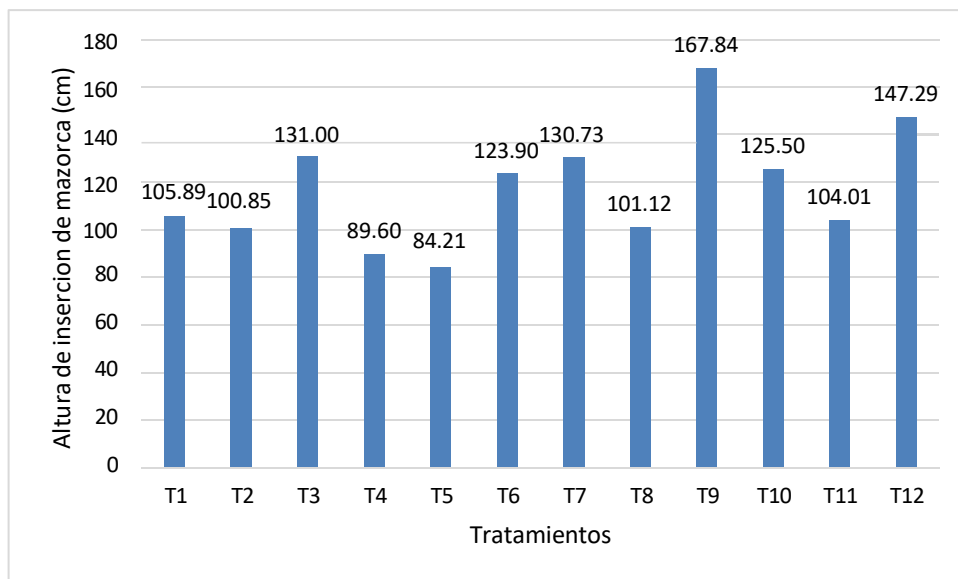


Figura 23.
Altura de inserción de mazorca



6.2.3. Prolificidad

Tabla 20.
Altura de inserción de mazorca

Dosis de fertilización	Variedad de maíz	Tratamiento	Repeticiones				Promedio
			1	2	3	4	
Testigo (sin fertilización)	Dekalb-7500	T ₁	1.00	1.00	1.21	1.00	1.05
Testigo (sin fertilización)	ADV 9139	T ₂	1.00	1.07	1.07	1.07	1.05
Testigo (sin fertilización)	Marginal 28	T ₃	1.07	1.07	1.00	1.07	1.05
120N-60P-40K	Dekalb-7500	T ₄	1.07	1.14	1.21	1.07	1.13
120N-60P-40K	ADV 9139	T ₅	1.14	1.00	1.07	1.00	1.05
120N-60P-40K	Marginal 28	T ₆	1.21	1.07	1.07	1.07	1.11
200N-90P-60K	Dekalb-7500	T ₇	1.00	1.21	1.00	1.23	1.11
200N-90P-60K	ADV 9139	T ₈	1.00	1.00	1.07	1.00	1.02
200N-90P-60K	Marginal 28	T ₉	1.00	1.07	1.00	1.07	1.04
280N-120P-90K	Dekalb-7500	T ₁₀	1.07	1.29	1.14	1.36	1.21
280N-120P-90K	ADV 9139	T ₁₁	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
280N-120P-90K	Marginal 28	T ₁₂	1.07	1.14	1.00	1.21	1.11

Tabla 21.
Análisis de varianza - altura de inserción de mazorca

Variable dependiente: Prolificidad

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	0,118 ^a	11	0,011	1,846	0,082
Intersección	56,550	1	56,550	9708,190	0,000
Dosis	0,042	3	0,014	2,389	0,085
Híbrido	0,054	2	0,027	4,625	0,016
Dosis * Híbrido	0,023	6	0,004	0,649	0,691
Error	0,210	36	0,006		
Total	56,878	48			
Total corregido	0,328	47			

a. R al cuadrado = ,361 (R al cuadrado ajustada = ,165)

El análisis de varianza para la variable prolificidad evidenció que el modelo general presentó una tendencia estadística ($p = 0,082$) con un coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) de 16,5 %, lo que indica que los factores evaluados explicaron una proporción moderada de la variabilidad observada. El factor dosis de fertilización mostró un efecto no significativo ($p = 0,085$), mientras que el factor híbrido presentó diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,016$), sugiriendo que la prolificidad estuvo influenciada principalmente por el material genético empleado. Por su parte, la interacción dosis $\times$ híbrido no fue significativa ($p = 0,691$), lo que indica que el efecto de la fertilización fue consistente en los tres híbridos evaluados (tabla 21).

El análisis de varianza para la variable prolificidad mostró que el factor híbrido presentó diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,016$), mientras que el factor dosis de fertilización ($p = 0,085$) y la interacción dosis $\times$ híbrido ($p = 0,691$) no evidenciaron efectos significativos al 5 % de probabilidad. Esto indica que la variación observada en la prolificidad se debió principalmente al material genético, y no a la cantidad de fertilizante aplicado.

Tabla 22.
Prueba de Tukey prolificidad

Prolificidad			
HSD Tukey ^{a,b}			
Híbrido	N	Subconjunto	
		1	2
ADV 9139	16	1,0481	
Marginal 28	16	1,0788	1,0788
Dekalb-7500	16		1,1294
Sig.		0,499	0,160

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,006.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 16,000.

b. Alfa = 0.05.

La prueba de Tukey al 95 % de confianza permitió establecer los grupos estadísticamente homogéneos entre los híbridos evaluados (Tabla 12). El híbrido Dekalb-7500 alcanzó el mayor valor promedio de prolificidad (1,1294 unidades), integrando un grupo estadístico distinto al híbrido ADV 9139 (1,0481 unidades), el cual presentó el menor promedio. El híbrido Marginal 28 obtuvo un valor intermedio (1,0788 unidades), estadísticamente fue asociado al grupo de menor y mayor rendimiento.

Estos resultados sugieren que, bajo las condiciones del presente estudio, la prolificidad estuvo influenciada principalmente por las características genéticas de los híbridos evaluados, siendo Dekalb-7500 el material que presentó el mayor promedio para esta variable. Sin embargo, la prolificidad no depende exclusivamente del potencial genético, ya que factores ambientales como la temperatura, precipitación, radiación solar y humedad relativa durante las etapas reproductivas del cultivo influyen en la formación y desarrollo de las mazorcas.

Los resultados obtenidos indican que la prolificidad en maíz está más influenciada por el factor genético (híbrido) que por las dosis de fertilización aplicadas. Esta conclusión se alinea con lo expuesto por Quispe (2017), quien reportó que la prolificidad es un carácter relativamente

estable en los híbridos comerciales, donde la nutrición juega un papel complementario, pero no determinante.

Figura 24.
Comparación de prolificidad por híbrido

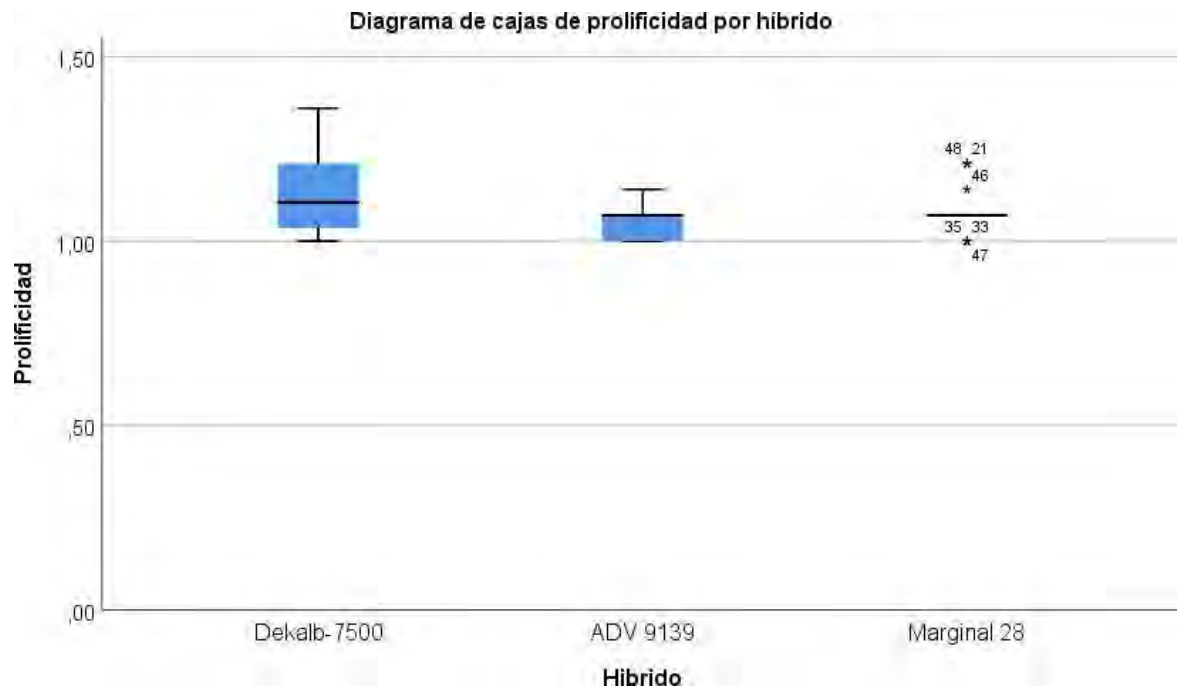
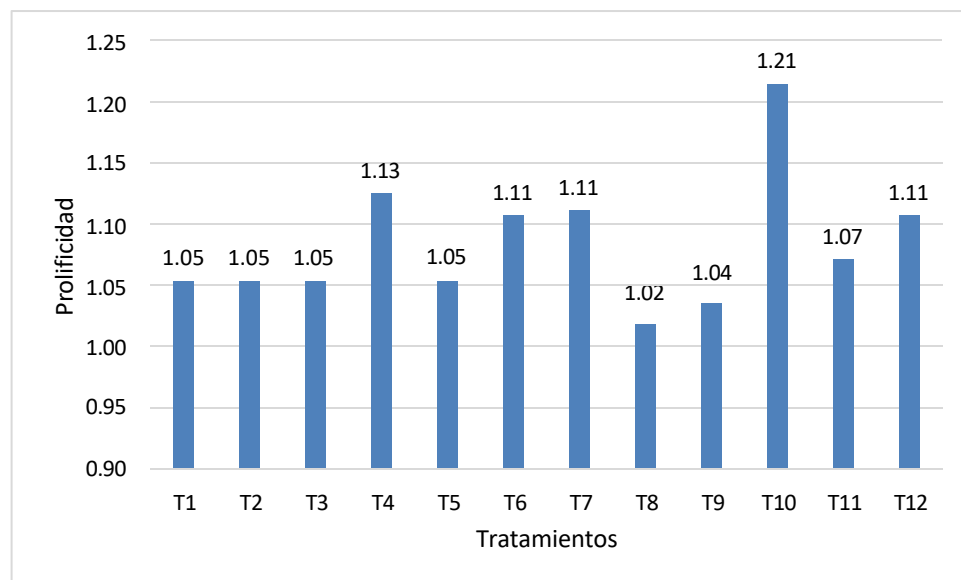


Figura 25.
Prolificidad



6.2.4. Peso de granos por mazorcas

Tabla 23.

Peso de granos por mazorca

Dosis de fertilización	Variedad de maíz	Tratamiento	Repeticiones				Promedio
			1	2	3	4	
Testigo (sin fertilización)	Dekalb-7500	T ₁	183.94	176.04	137.71	132.12	157.45
Testigo (sin fertilización)	ADV 9139	T ₂	127.46	227.64	148.41	132.56	159.02
Testigo (sin fertilización)	Marginal 28	T ₃	115.51	162.61	142.99	164.54	146.41
120N-60P-40K	Dekalb-7500	T ₄	166.36	225.12	247.11	248.36	221.74
120N-60P-40K	ADV 9139	T ₅	157.74	233.44	219.74	195.55	201.62
120N-60P-40K	Marginal 28	T ₆	147.07	181.07	185.84	191.37	176.34
200N-90P-60K	Dekalb-7500	T ₇	166.39	239.34	220.54	229.79	214.02
200N-90P-60K	ADV 9139	T ₈	172.69	211.56	206.75	225.62	204.16
200N-90P-60K	Marginal 28	T ₉	117.96	189.79	206.80	192.02	176.64
280N-120P-90K	Dekalb-7500	T ₁₀	156.04	222.49	209.91	234.04	205.62
280N-120P-90K	ADV 9139	T ₁₁	198.76	173.08	226.83	199.27	199.49
280N-120P-90K	Marginal 28	T ₁₂	141.76	155.22	174.25	171.79	160.76

Tabla 24.

Análisis de varianza - peso de granos por mazorca

Variable dependiente: Peso de mazorca

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	30782,155 ^a	11	2798,378	2,878	0,008
Intersección	1637605,613	1	1637605,613	1684,371	0,000
Dosis	17965,427	3	5988,476	6,159	0,002
Híbrido	11579,289	2	5789,645	5,955	0,006
Dosis * Híbrido	1237,439	6	206,240	0,212	0,971
Error	35000,488	36	972,236		
Total	1703388,255	48			
Total corregido	65782,642	47			

a. R al cuadrado = ,468 (R al cuadrado ajustada = ,305)

En la tabla 24 se muestra los resultados muestran que el modelo estadístico fue significativo ($p = 0.008$), explicando el 30.5 % de la variabilidad del peso de mazorca (R^2 ajustado = 0.305). El análisis indica un efecto significativo de la dosis de fertilización ($p = 0.002$) e híbrido de maíz ($p = 0.006$) sobre el peso de la mazorca.

Sin embargo, la interacción entre dosis de fertilización e híbrido no fue significativa ($p = 0.971$), lo que sugiere que el comportamiento de las dosis fue similar entre los híbridos evaluados.

Tabla 25.
Prueba de Tukey peso de granos por mazorca

Peso de granos por mazorca			
HSD Tukey ^{a,b}			
Hibrido	N	Subconjunto	
		1	2
Marginal 28	16	163,3194	
ADV 9139	16		191,0688
Dekalb-7500	16		199,7338
Sig.		1,000	0,714

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 16,000.

b. Alfa = 0.05.

Los resultados de la prueba de Tukey (Tabla 25) muestran que el híbrido Marginal 28 obtuvo el menor promedio de peso de mazorca con 163.32 g, ubicándose en el subconjunto estadístico 1. Por su parte, los híbridos ADV 9139 y Dekalb-7500 registraron promedios de 191.07 g y 199.73 g, respectivamente, agrupándose dentro del subconjunto 2.

La comparación estadística indica que Dekalb-7500 fue el híbrido con mayor peso de mazorca, aunque su diferencia con ADV 9139 no fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$), mientras que ambos superaron significativamente al híbrido Marginal 28. Esto evidencia que los híbridos mejorados ADV 9139 y Dekalb-7500 presentan un comportamiento agronómico superior en lo que respecta al desarrollo de la mazorca.

Los resultados demuestran que la fertilización inorgánica tiene un efecto determinante en el peso de mazorca de maíz, confirmando lo reportado por Quispe (2017), quien encontró que el incremento de nitrógeno y fósforo se asocia con un mayor llenado de grano y, por ende, con mayor peso de mazorca. En esta investigación, las diferencias significativas entre las dosis indican que el suministro adecuado de nutrientes permite que las plantas expresen mejor su potencial productivo.

Figura 26.
Comparación de peso de granos por mazorca por híbrido

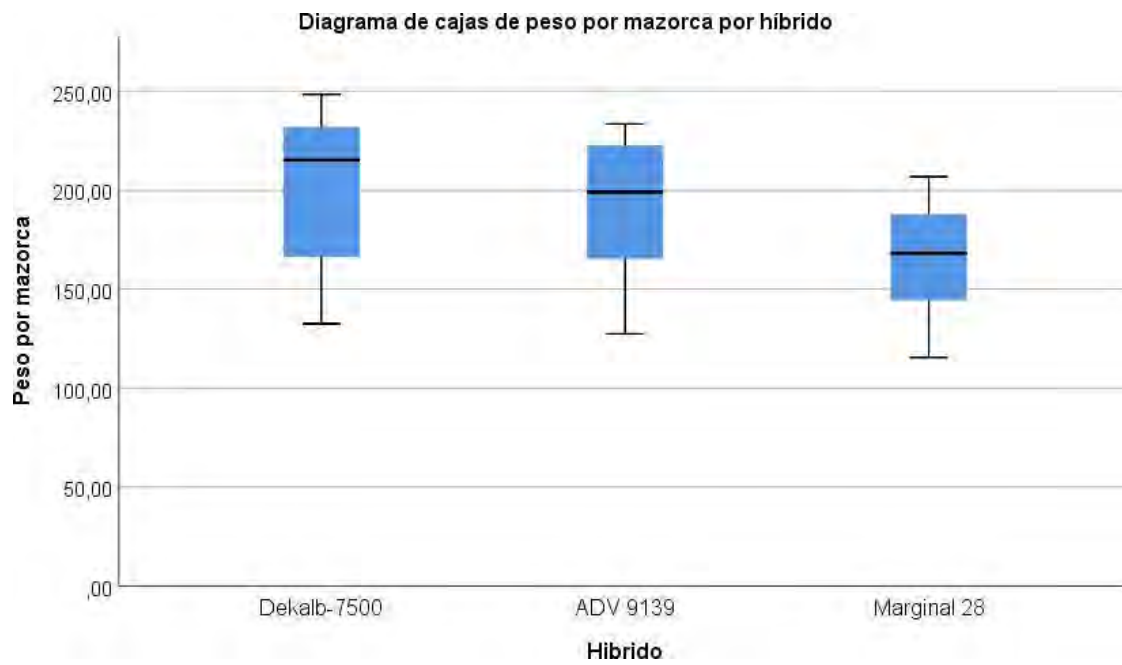
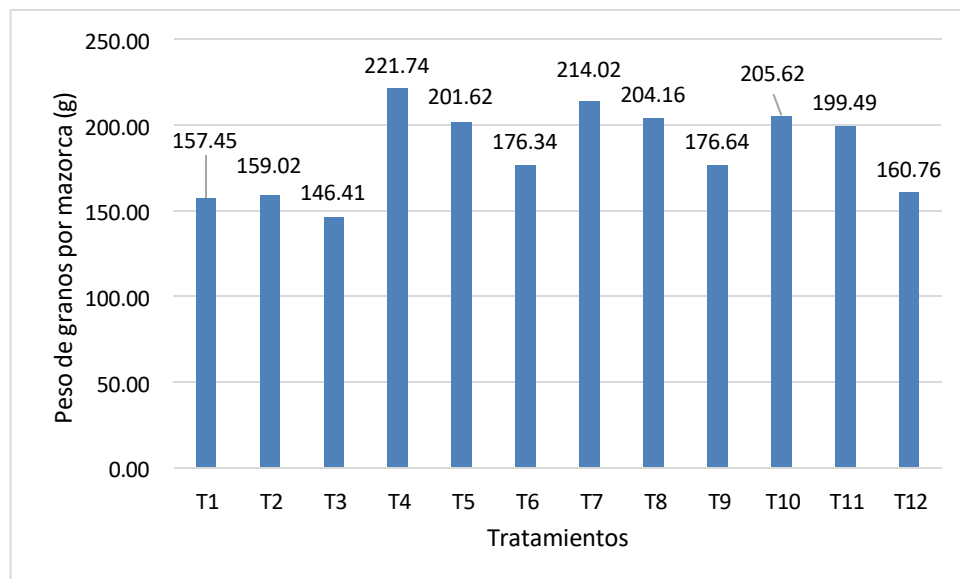


Figura 27.
peso promedio de granos por mazorca



6.2.5. Longitud de mazorca

Tabla 26.
Longitud de mazorca

Dosis de fertilización	Variedad de maíz	Tratamiento	Repeticiones				Promedio
			1	2	3	4	
Testigo (sin fertilización)	Dekalb-7500	T ₁	15.16	14.96	16.99	15.37	15.62
Testigo (sin fertilización)	ADV 9139	T ₂	17.06	18.26	16.93	16.56	17.20
Testigo (sin fertilización)	Marginal 28	T ₃	16.48	18.08	18.01	16.46	17.25
120N-60P-40K	Dekalb-7500	T ₄	15.82	15.91	17.06	14.93	15.93
120N-60P-40K	ADV 9139	T ₅	16.15	17.43	17.04	16.82	16.86
120N-60P-40K	Marginal 28	T ₆	15.96	16.38	16.81	14.95	16.03
200N-90P-60K	Dekalb-7500	T ₇	15.23	16.01	17.05	14.71	15.75
200N-90P-60K	ADV 9139	T ₈	17.19	17.09	16.49	16.94	16.93
200N-90P-60K	Marginal 28	T ₉	16.30	16.80	17.45	15.61	16.54
280N-120P-90K	Dekalb-7500	T ₁₀	14.81	15.38	15.68	14.40	15.07
280N-120P-90K	ADV 9139	T ₁₁	17.23	16.89	18.12	17.14	17.35
280N-120P-90K	Marginal 28	T ₁₂	15.56	17.34	17.29	15.83	16.51

Tabla 27.
Análisis de varianza - longitud de mazorca

Variable dependiente: Longitud de mazorca

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	23,826 ^a	11	2,166	3,631	0,002
Intersección	12940,274	1	12940,274	21693,265	0,000
Dosis	1,319	3	0,440	0,737	0,537
Hibrido	18,441	2	9,220	15,457	0,000
Dosis * Hibrido	4,065	6	0,678	1,136	0,362
Error	21,474	36	0,597		
Total	12985,574	48			
Total corregido	45,300	47			

a. R al cuadrado = ,526 (R al cuadrado ajustada = ,381)

En la tabla 27 se muestra el análisis de varianza para la variable longitud de mazorca mostró que el modelo general fue significativo ($F = 3,631$; $p = 0,002$), evidenciando diferencias entre los tratamientos evaluados. El factor dosis de fertilización no presentó efecto significativo sobre la longitud de mazorca ($F = 0,737$; $p = 0,537$), indicando que las diferentes dosis de N-P-

K aplicadas no modificaron esta característica agronómica. Por el contrario, el factor híbrido mostró un efecto altamente significativo ($F = 15,457$; $p < 0,001$), lo que demuestra la existencia de diferencias genéticas entre los materiales evaluados respecto a la longitud de mazorca. Asimismo, la interacción dosis $\times$ híbrido no resultó significativa ($F = 1,136$; $p = 0,362$), indicando que la respuesta de los híbridos fue similar frente a las distintas dosis de fertilización. En consecuencia, la longitud de mazorca estuvo influenciada principalmente por el híbrido utilizado y no por los niveles de fertilización evaluados.

Tabla 28.
Prueba de Tukey longitud de mazorca

<i>Longitud de mazorca</i>			
HSD Tukey ^{a,b}			
Híbrido	N	Subconjunto	
		1	2
Dekalb-7500	16	15,5919	
Marginal 28	16		16,5819
ADV 9139	16		17,0838
Sig.		1,000	0,172

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,597.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 16,000.

b. Alfa = 0.05.

La prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$) para la variable longitud de mazorca evidenció la formación de dos grupos homogéneos. El híbrido Dekalb-7500 presentó la menor longitud promedio de mazorca con 15,59 cm, diferenciándose estadísticamente de los demás híbridos evaluados. Por otro lado, los híbridos ADV 9139 y Marginal 28 registraron longitudes promedio de 17,08 cm y 16,58 cm, respectivamente, sin presentar diferencias estadísticas significativas entre ellos. En consecuencia, ADV 9139 mostró el mayor valor numérico para esta característica agronómica, seguido por Marginal 28, mientras que Dekalb-7500 presentó el menor desempeño. Estos resultados confirman que la longitud de mazorca estuvo determinada principalmente por el componente genético de los híbridos y no por las dosis de fertilización aplicadas.

Figura 28.
Comparación de longitud de mazorca por híbrido

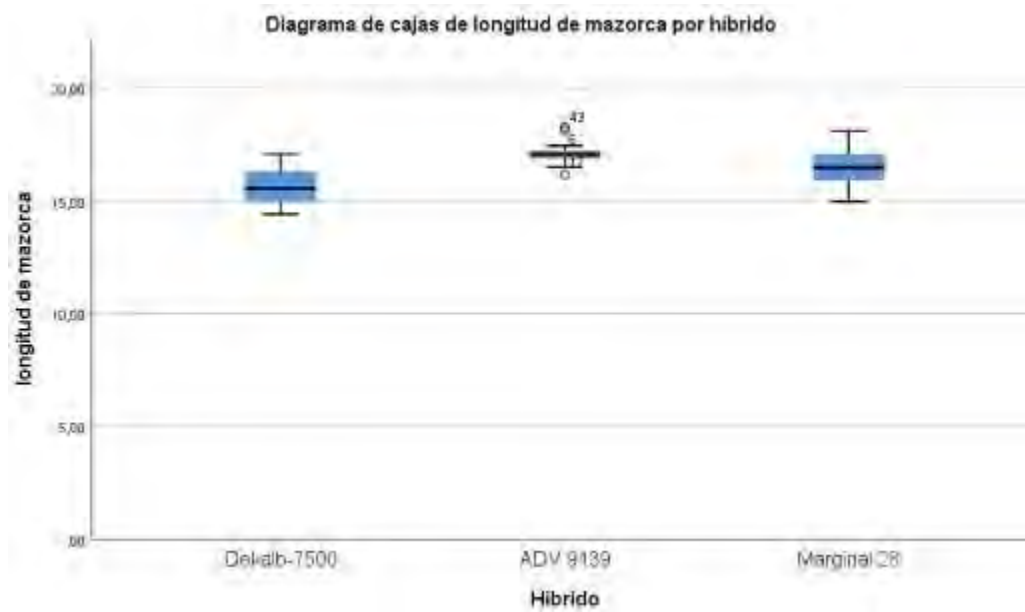
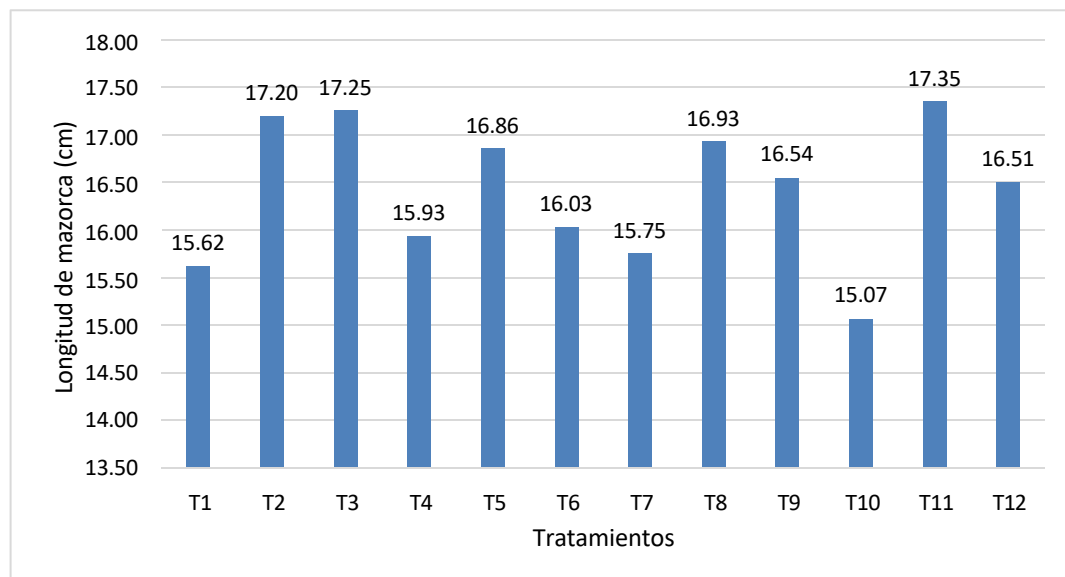


Figura 29.
Longitud de mazorca



6.2.6. Diámetro de mazorca

Tabla 29.
Diámetro de mazorca

Dosis de fertilización	Variedad de maíz	Tratamiento	Repeticiones				Promedio
			1	2	3	4	
Testigo (sin fertilización)	Dekalb-7500	T ₁	15.81	16.46	16.05	16.83	16.29
Testigo (sin fertilización)	ADV 9139	T ₂	15.28	16.63	15.69	16.33	15.98
Testigo (sin fertilización)	Marginal 28	T ₃	14.78	14.71	14.82	15.03	14.84
120N-60P-40K	Dekalb-7500	T ₄	16.38	16.98	17.15	17.50	17.00
120N-60P-40K	ADV 9139	T ₅	15.56	16.70	16.36	16.50	16.28
120N-60P-40K	Marginal 28	T ₆	15.74	15.49	15.14	15.47	15.46
200N-90P-60K	Dekalb-7500	T ₇	16.38	16.68	16.00	15.70	16.19
200N-90P-60K	ADV 9139	T ₈	16.32	16.36	16.11	16.50	16.32
200N-90P-60K	Marginal 28	T ₉	15.16	15.19	15.94	15.73	15.51
280N-120P-90K	Dekalb-7500	T ₁₀	16.40	16.92	16.04	16.37	16.43
280N-120P-90K	ADV 9139	T ₁₁	15.42	15.64	16.30	17.57	16.23
280N-120P-90K	Marginal 28	T ₁₂	13.73	13.80	14.89	16.20	14.65

Tabla 30.
Análisis de varianza diámetro de mazorca

Variable dependiente: Diámetro de mazorca

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	3,087 ^a	11	,281	1,349	0,239
Intersección	1306,462	1	1306,462	6279,055	0,000
Dosis	1,814	3	0,605	2,906	0,048
Híbrido	,523	2	0,261	1,256	0,297
Dosis * Híbrido	,750	6	0,125	0,601	0,728
Error	7,490	36	0,208		
Total	1317,039	48			
Total corregido	10,577	47			

a. R al cuadrado = ,292 (R al cuadrado ajustada = ,075)

En relación con el diámetro de mazorca, los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza (ANOVA) muestran que la dosis de fertilización ejerció un efecto significativo ($p = 0,048$) sobre esta característica agronómica. En contraste, el efecto del híbrido ($p = 0,297$) y la

interacción dosis $\times$ híbrido ($p = 0,728$) no presentaron diferencias estadísticas, lo que indica que los materiales evaluados respondieron de manera similar al incremento de fertilización.

El coeficiente de determinación ajustado ($R^2 = 0,075$) evidenció que el modelo explica una baja proporción de la variabilidad en el diámetro de mazorca, sugiriendo la influencia de factores externos al manejo experimental, como condiciones edafoclimáticas y prácticas de cultivo.

Tabla 31.
Prueba de Tukey diámetro de mazorca

Diámetro de mazorca			
HSD Tukey ^{a,b}			
Dosis	N	Subconjunto	
		1	2
D3	12	4,9950	
D1	12	5,1250	5,1250
D4	12	5,2258	5,2258
D2	12		5,5225
Sig.		0,606	0,162

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,208.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

b. Alfa = 0.05.

En relación con el diámetro de mazorca, el análisis de varianza evidenció diferencias significativas entre las dosis de fertilización ($p < 0,05$). Posteriormente, la prueba de comparación múltiple de Tukey permitió establecer que, aunque no se detectaron diferencias estadísticas contundentes entre los tratamientos ($p > 0,05$), se observaron tendencias claras en el comportamiento de las dosis evaluadas.

La dosis D2 registró el mayor diámetro de mazorca (5,52 cm), seguida por D4 (5,23 cm) y el testigo D1 (5,12 cm), mientras que el menor valor correspondió a D3 (4,99 cm). Según los

subconjuntos homogéneos, D3 se ubicó en el grupo de menor respuesta, en tanto que D2 conformó el grupo de mejor desempeño en esta característica.

Estos resultados indican que, bajo las condiciones edafoclimáticas de Quellouno, la dosis intermedia de fertilización (D2) favoreció la formación de mazorcas con mayor diámetro, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas al 95 % de confianza.

Figura 30.
Comparación de diámetro de mazorca

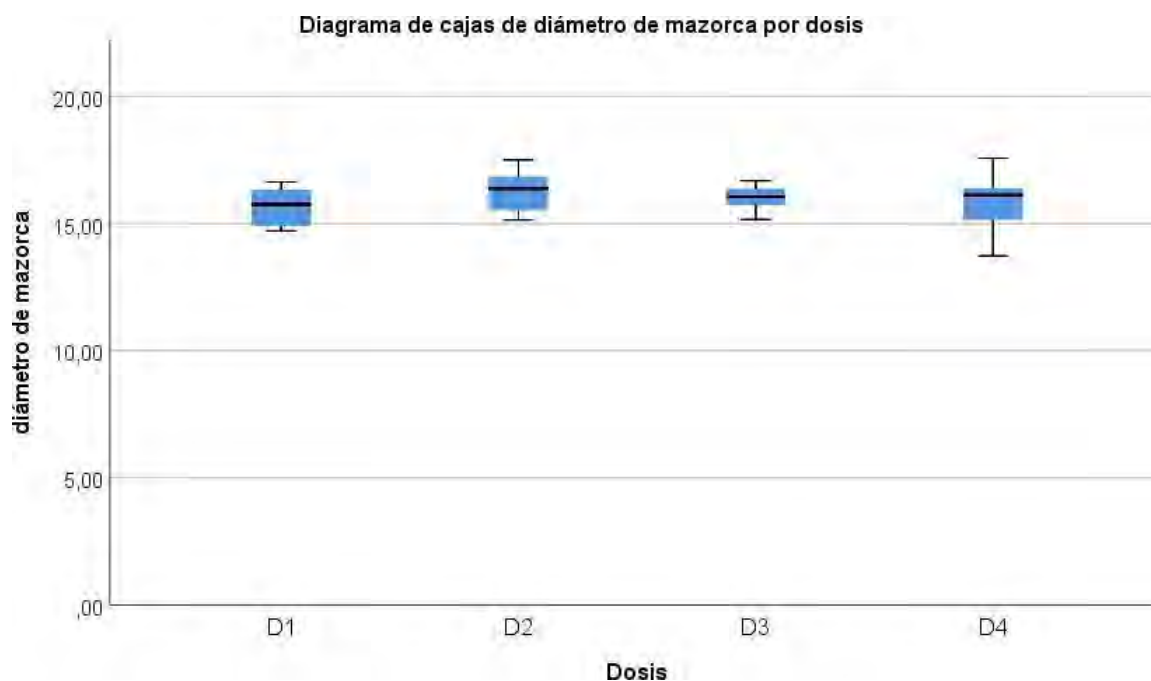
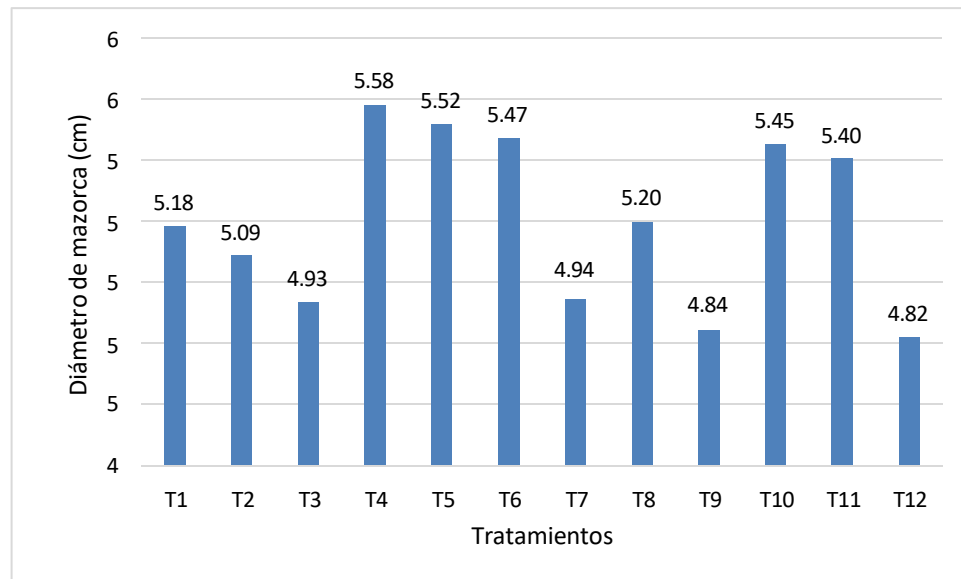


Figura 31.
Diámetro de mazorca



6.2.7. Hileras por mazorca

Tabla 32.
Hileras por Mazorca

Dosis de fertilización	Variedad de maíz	Tratamiento	Repeticiones				Promedio
			1	2	3	4	
Testigo (sin fertilización)	Dekalb-7500	T ₁	17.43	16.93	17.00	18.07	17.36
Testigo (sin fertilización)	ADV 9139	T ₂	13.57	14.93	13.64	14.71	14.21
Testigo (sin fertilización)	Marginal 28	T ₃	12.86	12.64	12.93	12.79	12.80
120N-60P-40K	Dekalb-7500	T ₄	17.50	16.57	17.86	17.36	17.32
120N-60P-40K	ADV 9139	T ₅	14.57	14.36	14.29	14.14	14.34
120N-60P-40K	Marginal 28	T ₆	14.29	14.00	12.07	13.00	13.34
200N-90P-60K	Dekalb-7500	T ₇	17.15	17.57	14.15	15.86	16.18
200N-90P-60K	ADV 9139	T ₈	14.50	15.50	14.00	17.50	15.38
200N-90P-60K	Marginal 28	T ₉	12.57	13.07	12.00	12.71	12.59
280N-120P-90K	Dekalb-7500	T ₁₀	16.64	18.21	17.00	17.57	17.36
280N-120P-90K	ADV 9139	T ₁₁	14.00	13.71	13.79	14.07	13.89
280N-120P-90K	Marginal 28	T ₁₂	12.57	13.00	11.50	12.21	12.32

Tabla 33.
Análisis de varianza hileras por Mazorca

Variable dependiente: Hileras por mazorca

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	146,138 ^a	11	13,285	17,281	,000
Intersección	10352,631	1	10352,631	13466,290	,000
Dosis	1,910	3	,637	,828	,487
Híbrido	134,820	2	67,410	87,684	,000
Dosis * Híbrido	9,409	6	1,568	2,040	0,085
Error	27,676	36	0,769		
Total	10526,446	48			
Total corregido	173,814	47			

a. R al cuadrado = ,841 (R al cuadrado ajustada = ,792)

El análisis de varianza mostró que la dosis de fertilización no tuvo un efecto significativo sobre el número de hileras por mazorca ($F = 0,828$; $p = 0,487$). Por el contrario, el factor híbrido presentó diferencias significativas ($F = 87,684$; $p < 0,001$).

La interacción entre dosis de fertilización e híbrido no muestra una diferencia significativa ($F = 2,040$; $p = 0,085$).

Tabla 34.
Prueba de Tukey hileras por mazorca

Hileras por mazorca

HSD Tukey^{a,b}

Híbrido	N	Subconjunto		
		1	2	3
Marginal 28	16	12,7588		
ADV 9139	16		14,4550	
Dekalb-7500	16			16,8444
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,769.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 16,000.

b. Alfa = 0.05.

El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias estadísticas significativas entre los híbridos para el número de hileras por mazorca ($p < 0,05$). Posteriormente, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0,05$) permitió identificar tres grupos estadísticamente homogéneos (Tabla 26).

De acuerdo con los resultados, el híbrido Dekalb-7500 presentó el mayor promedio de hileras por mazorca (16,84), conformando un grupo estadístico superior en comparación con los híbridos ADV 9139 (14,46) y Marginal 28 (12,76).

Figura 32.

Comparación de hileras por mazorca

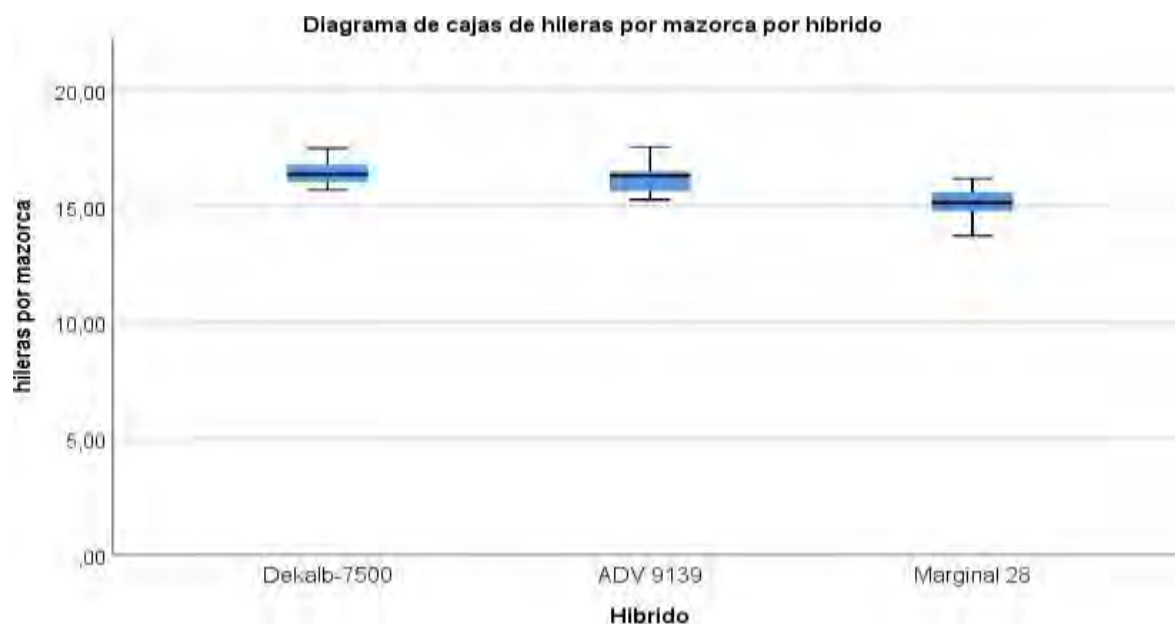
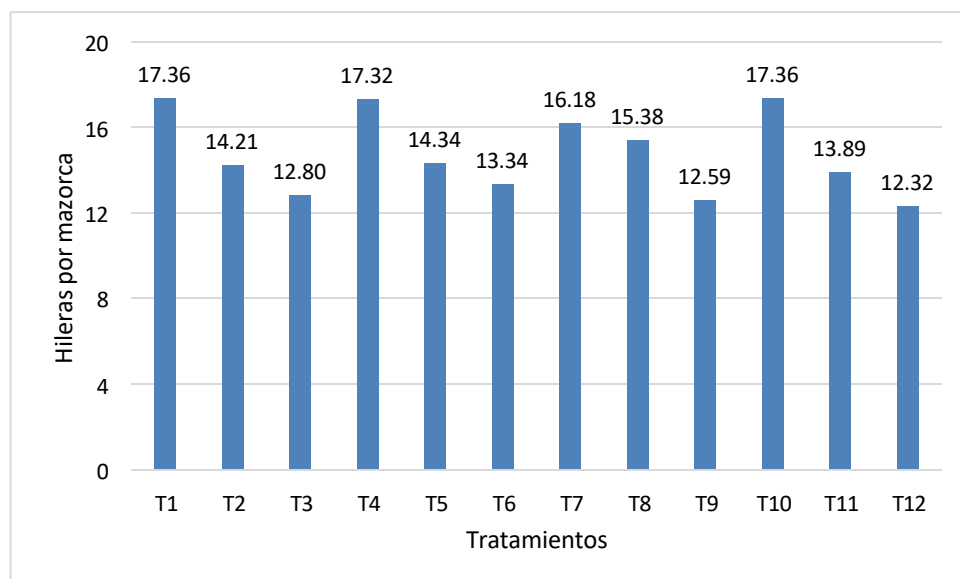


Figura 33.
Hileras por mazorca



6.2.8. Numero de granos por fila en mazorca

Tabla 35.
Granos por fila

Dosis de fertilización	Variedad de maíz	Tratamiento	Repeticiones				Promedio
			1	2	3	4	
Testigo (sin fertilización)	Dekalb-7500	T ₁	34.2	34.3	36.3	33.6	34.6
Testigo (sin fertilización)	ADV 9139	T ₂	31.6	37.4	34.5	38.6	35.5
Testigo (sin fertilización)	Marginal 28	T ₃	27.4	31.4	37.0	33.2	32.3
120N-60P-40K	Dekalb-7500	T ₄	30.8	33.9	37.6	32.4	33.7
120N-60P-40K	ADV 9139	T ₅	35.5	37.1	36.5	37.6	36.7
120N-60P-40K	Marginal 28	T ₆	31.8	37.6	34.9	33.5	34.4
200N-90P-60K	Dekalb-7500	T ₇	29.2	37.4	39.0	32.4	34.5
200N-90P-60K	ADV 9139	T ₈	34.0	34.7	35.0	37.3	35.3
200N-90P-60K	Marginal 28	T ₉	30.5	34.3	35.6	33.2	33.4
280N-120P-90K	Dekalb-7500	T ₁₀	28.3	35.2	36.1	33.7	33.3
280N-120P-90K	ADV 9139	T ₁₁	35.4	35.2	38.6	37.4	36.7
280N-120P-90K	Marginal 28	T ₁₂	33.8	35.6	34.4	35.9	34.9

Tabla 36.
Análisis de varianza granos por fila

Variable dependiente: Granos por fila					
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	150,895 ^a	11	13,718	2,038	0,053
Intersección	57,132,000	1	57,132,000	8,486,022	0,000
Dosis	12,060	3	4,020	0,597	0,621
Híbrido	66,079	2	33,039	4,907	0,013
Dosis * Híbrido	72,756	6	12,126	1,801	0,127
Error	242,369	36	6,732		
Total	57,525,264	48			
Total corregido	393,264	47			

a. R al cuadrado = ,384 (R al cuadrado ajustada = ,195)

El modelo presentó una significancia estadística ($p = 0,053$), lo cual indica que, las variables independientes (dosis de fertilización, híbrido y su interacción) explican parcialmente la variabilidad en el número de granos por fila.

La variable dosis de fertilización no mostró un efecto significativo sobre el número de granos por fila ($p = 0,621$), mientras el híbrido de maíz presentó un efecto significativo ($p = 0,013$), indicando que existen diferencias estadísticas entre los híbridos evaluados respecto al número de granos por fila.

La interacción entre dosis e híbrido no fue significativa ($p = 0,127$), lo cual indica que el efecto de las dosis de fertilización fue similar en los tres híbridos; es decir, no hubo una respuesta diferencial de los híbridos a las dosis evaluadas.

Tabla 37.
Prueba de Tukey del número de granos por fila

Granos por fila			
HSD Tukey ^{a,b}			
Híbrido	N	Subconjunto	
		1	2
Marginal 28	16	33,1600	
Dekalb-7500	16	34,3225	34,3225
ADV 9139	16		36,0175
Sig.		0,423	0,169

El híbrido ADV 9139 presentó la mayor media de granos por fila (36,0175), seguido por Dekalb-7500 (34,3225) y Marginal 28 (33,1600).

Según la prueba de Tukey, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los híbridos evaluados. Esto se confirma con los valores de significancia: 0,423 para el subconjunto 1 y 0,169 para el subconjunto 2, ambos superiores al umbral de 0,05.

Sin embargo, se evidencia una diferencia estadística del híbrido ADV 9139, con el híbrido Marginal 28 al situarse en un subconjunto diferente, tal como se muestra en la tabla 29.

En relación a las características agronómicas evaluadas en los híbridos de maíz, se observó que el híbrido Dekalb 7500 presentó valores inferiores en comparación con lo reportado por Espinoza y Gamarra (2022). En el presente estudio, dicho híbrido alcanzó una longitud promedio de mazorca de 15.65 cm, un peso de mazorca de 199.73 g, un número de hileras de 16.84 y un promedio de 34.32 granos por hilera. Estos resultados contrastan con los obtenidos por los autores citados, quienes reportaron una longitud de mazorca 20.12 cm, peso de mazorca de 550.32 g, número de hileras de 17.92 y 37.80 granos por hilera para el mismo híbrido bajo condiciones de fertilización en etapa vegetativa.

Las diferencias podrían atribuirse a diversos factores edafoclimáticos y de manejo agronómico. En primer lugar, las condiciones agroecológicas del distrito de Quellouno, caracterizadas por suelos de fertilidad media y una marcada estacionalidad de lluvias, pueden haber limitado la expresión del potencial genético del híbrido. Asimismo, las dosis de fertilización aplicadas en este estudio, aunque significativas para evaluar la respuesta productiva, podrían no haber cubierto completamente los requerimientos nutricionales del Dekalb 7500, híbrido reconocido por su alta demanda de nutrientes en etapa vegetativa.

Figura 34.
Comparación de número de granos por fila

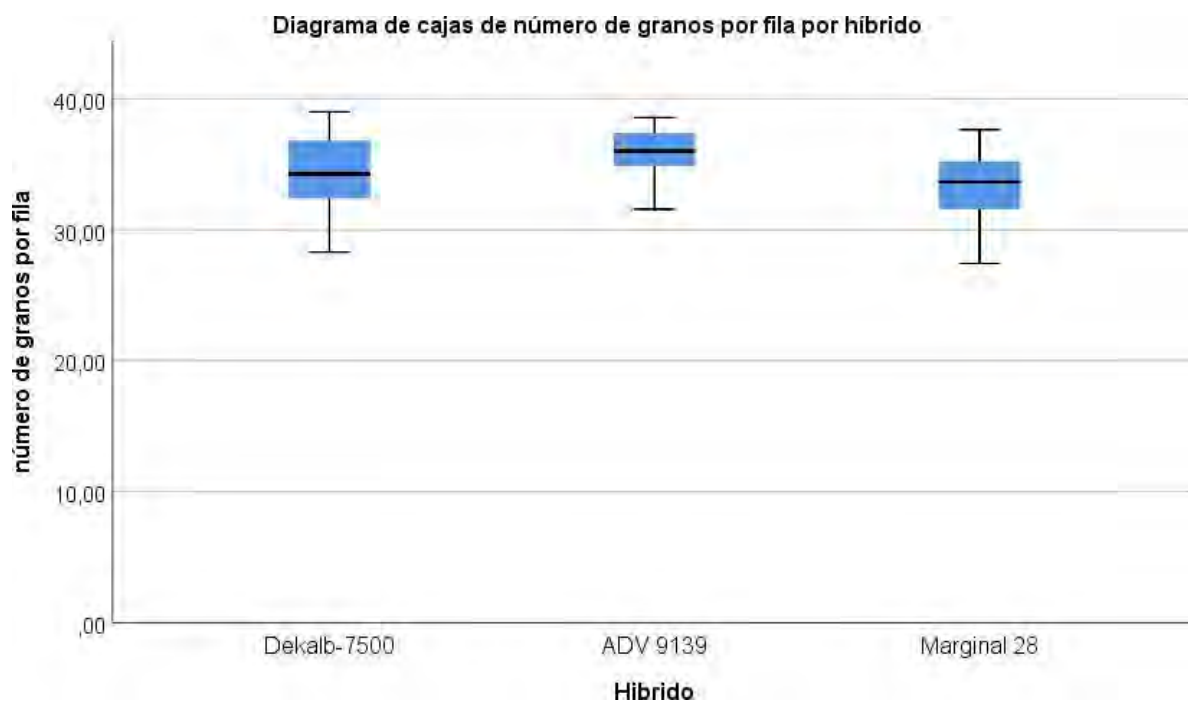
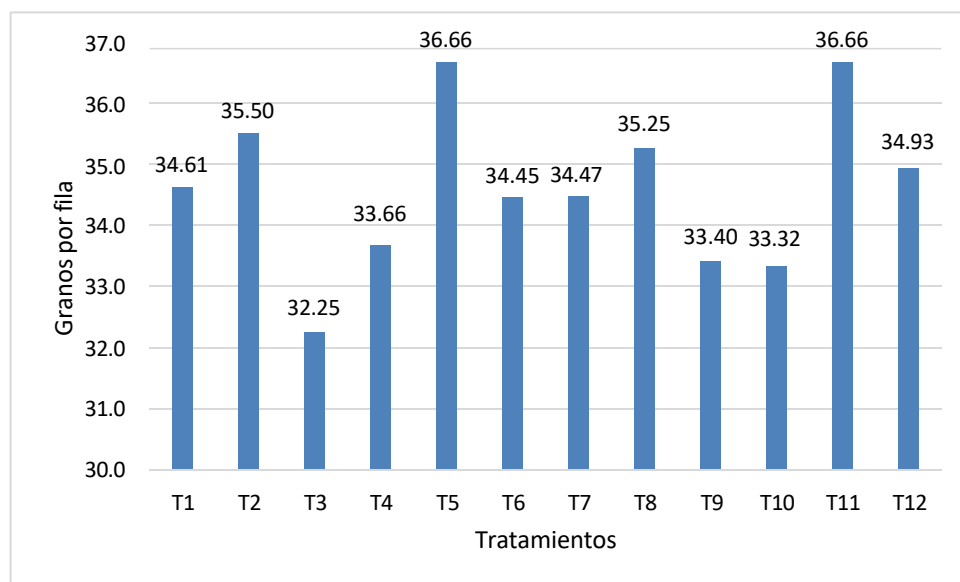


Figura 35.
Hileras por mazorca



6.3. Determinación de la relación entre las dosis de fertilización y la calidad del grano

Para determinar la relación entre las dosis de fertilización y la calidad del grano de maíz se ha realizado la medición del peso hectolítrico.

6.3.1. Peso hectolítrico

Tabla 38.

Peso hectolítrico obtenido de maíz

Dosis de fertilización	Variedad de maíz	Tratamiento	Repeticiones				Promedio (Kg/hL)
			1	2	3	4	
Testigo (sin fertilización)	Dekalb-7500	T ₁	80.43	78.23	77.90	81.19	79.44
Testigo (sin fertilización)	ADV 9139	T ₂	78.12	78.55	77.76	77.13	77.89
Testigo (sin fertilización)	Marginal 28	T ₃	81.74	77.50	80.08	73.81	78.28
120N-60P-40K	Dekalb-7500	T ₄	80.24	78.32	76.74	76.69	78.00
120N-60P-40K	ADV 9139	T ₅	79.63	80.98	78.74	75.82	78.79
120N-60P-40K	Marginal 28	T ₆	80.94	80.98	79.16	84.05	81.28
200N-90P-60K	Dekalb-7500	T ₇	79.01	77.50	81.25	75.20	78.24
200N-90P-60K	ADV 9139	T ₈	77.70	80.52	80.36	71.88	77.62
200N-90P-60K	Marginal 28	T ₉	78.21	79.61	82.36	82.62	80.70
280N-120P-90K	Dekalb-7500	T ₁₀	77.04	78.37	78.69	81.33	78.86
280N-120P-90K	ADV 9139	T ₁₁	80.76	78.96	79.25	81.95	80.23
280N-120P-90K	Marginal 28	T ₁₂	76.19	75.48	77.71	78.33	76.93

Tabla 39.

Análisis de varianza peso hectolítrico

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	0,008 ^a	11	0,001	1,328	0,249
Intersección	29,799	1	29,799	55873,141	0,000
Dosis	0,001	3	0,000	0,484	0,695
Híbrido	0,001	2	0,001	0,953	0,395
Dosis * Híbrido	0,006	6	0,001	1,875	0,112
Error	0,019	36	0,001		
Total	29,826	48			
Total corregido	0,027	47			

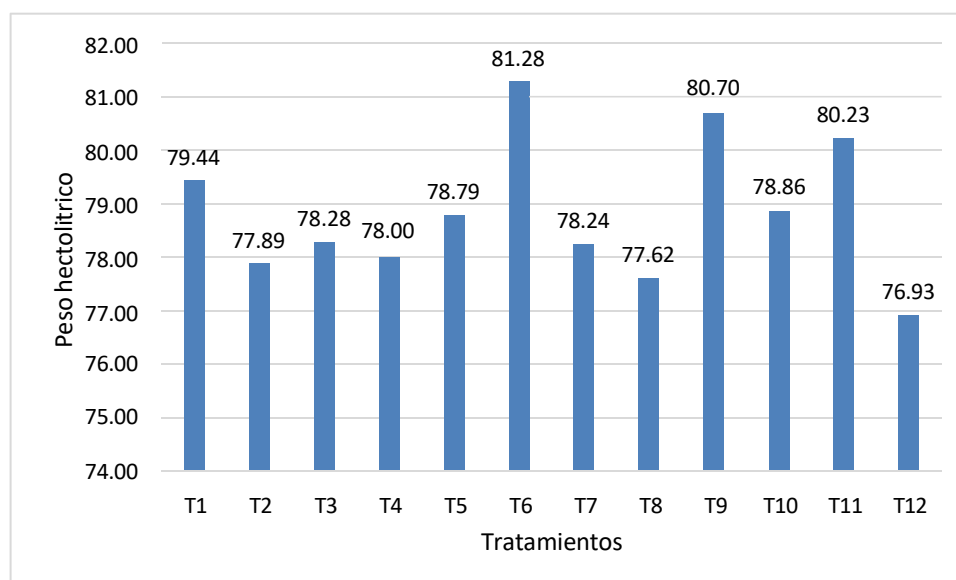
El análisis de varianza (ANOVA) reveló que el factor dosis de fertilización no presentó diferencias significativas ($p = 0,695$) sobre el peso hectolítrico del grano. De manera similar, el factor híbrido tampoco mostró efectos estadísticamente significativos ($p = 0,395$). La interacción dosis $\times$ híbrido se aproximó a la significancia ($p = 0,112$), lo que evidencia una ligera tendencia a que algunos híbridos respondan de manera distinta a las dosis, aunque sin

alcanzar un nivel de confiabilidad del 95 %. Los resultados indican que el peso hectolítico del grano de maíz no estuvo influenciado significativamente por las dosis de fertilización evaluadas ni por el híbrido utilizado.

Figura 36.
Comparación de peso hectolítico



Figura 37.
Peso hectolítico



VII. CONCLUSIONES

1. Respecto a la determinación de la dosis óptima de fertilización para maximizar el rendimiento de los híbridos de maíz, se concluye que la dosis D3 (150N–90P–60K) presentó el mayor rendimiento (2.742 t/ha), diferenciándose estadísticamente del tratamiento testigo (1.5417 t/ha) y superando numéricamente a las demás dosis evaluadas. Estos resultados evidencian que bajo las condiciones agroclimáticas del distrito de Quellouno, la aplicación de la dosis D3 constituye la alternativa más adecuada para maximizar el rendimiento del cultivo de maíz.
2. Con referencia a las características agronómicas evaluadas, el híbrido Marginal 28 presentó un comportamiento superior en altura de planta a la floración; en el indicador altura de inserción de mazorca, la dosis D3 tuvo un mejor comportamiento respecto a la altura de inserción de la mazorca; con referencia a los indicadores prolificidad y peso de mazorca el híbrido Dekalb 7500 muestra un mejor comportamiento con 1.13 mazorcas por planta, y 199.73 g respectivamente; el híbrido ADV 9139 tuvo la mayor longitud de mazorca; en lo que respecta a número de granos por fila el híbrido ADV 9139 tuvo mejor comportamiento con 36.02 granos por fila.
3. Con referencia a la calidad del grano se evaluó el peso hectolítrico no se encontraron diferencias estadísticas en los tratamientos evaluados, la uniformidad del grano.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar el nivel de fertilización D3 (150N-90P-60K) en la zona de estudio por ser la dosis que demostró el mayor efecto positivo sobre el rendimiento del cultivo de maíz en las condiciones edafoclimáticas del distrito de Quellouno, priorizando un manejo racional de nutrientes para evitar excesos que generen costos innecesarios o impactos ambientales.

Es recomendable considerar, además del rendimiento, los parámetros de calidad del grano obtenidos bajo las diferentes dosis de fertilización, priorizando aquellas combinaciones que aseguren un equilibrio entre producción, sanidad y valor comercial del producto.

Se recomienda difundir los resultados de esta investigación entre los productores de maíz de la zona mediante talleres y capacitaciones, de modo que puedan adoptar prácticas de fertilización más eficientes y adaptadas a sus condiciones locales.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez Cáceres R. (2007). Estadística aplicada a las ciencias de la salud. 52p. España
- Ávila Miramontes, J. A., Ávila Salazar, J. M., Martínez Heredia, D., & Rivas Santoyo, F. J. (2014). El cultivo del maíz generalidades y sistemas de producción en el Noroeste. Folleto. Universidad de Sonora. Sonora-México.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo -CIMMYT (2017). El cultivo de maíz. <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/854206/>
- Berru García, L. (2023). Uso de fertilizantes sintéticos en el cultivo de maíz en la provincia de El Dorado 2022. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto-Perú.
- Barandiarán Gamarra, M. Á. (2020). Manual técnico del cultivo de maíz amarillo duro. Instituto Nacional de Innovación Agraria –INIA
- Bonilla Reyes, J. A. (2023). Evaluación de dos híbridos de maíz (*Zea mays*) usando diferentes dosis de biol en el cantón El Triunfo. Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria del Ecuador. El Triunfo-Ecuador.
- Chancafe Liza, L. A., & Maldonado Montoya, Y. M. (2021). Morfología y Biología Floral del Híbrido de Maíz Inia 619, bajo cuatro niveles de fertilización al suelo en Monsefú, Región Lambayeque, 2018. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque-Perú.
- Delgado Domínguez, E. (2017). Densidad de siembra y fertilización en seis variedades de maíz evaluadas en Tonalico, México. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca-México.
- Espinoza Bedon, O. J., & Gamarra Salas, K. C. (2022). Rendimiento comparativo de dos híbridos de maíz amarillo duro con dos fuentes de abonamiento aplicados en diferentes etapas fenológicas, en Barranca.
- Fontanetto, H. (2006). Manejo de la fertilización del maíz. <http://ceiba.agro.uba.ar/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=27808>.
- Fuentes López M. R. (2008). Descriptores del maíz. Programa colaborativo de Fitomejoramiento Participativo en Mesoamerica
- Gómez Quimí, E. N. (2021). Efecto de la fertilización orgánica en dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) con doble propósito, parroquia el Morro – Guayas. Tesis para optar al título

- profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil-Ecuador.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la investigación (Cuarta ed.). Editorial Mac Graw Hill. Ciudad de México-México.
- Hidalgo Meléndez, E. (2013). Manejo técnico del cultivo de maíz amarillo duro en la región San Martín. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Biblioteca Nacional del Perú. Tarapoto-Perú.
- Gutierrez, L., & Yoberty, A. Efecto del encalado en las propiedades químicas del suelo y rendimiento de maíz amarillo y soya en rotación. Chirumpiari, Cusco-2023. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho Perú.
- Mellado, Z. (1986). Peso del hectolitro en trigo. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/00e6d895-f617-44a1-af96-cfe587c3f891/content>
- Muedas Quispe, J. I. (2019). Dosis de nitrógeno y potasio en la producción de *Zea mays* L. híbrido DK 7088 Pangoa. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Centro del Perú. Satipo-Perú.
- Ortigoza Guerreño, J., López Talavera, C. A., David Leiva, C., & Vega Martínez, S. F. (2019). Guía técnica cultivo de maíz. Boletín. Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo-Paraguay.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2017). El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. <https://www.fao.org/4/x7650s/x7650s00.htm>
- Palomino Quispe, A. S. (2014). Rendimiento de seis variedades de maíz amarillo duro (*Zea mays* L. Indurata St). Pichari, Cusco 480 msnm. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho-Perú.
- Paredes Mendoza, M. (2001). Niveles de fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) variedad Marginal – 28 – Tropical en un entisol. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. Ucayali-Perú.
- Quispe Farfán, R. (2017). Evaluación del potencial productivo de diez cultivares de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en condiciones de Santa Ana, La Convención-Cusco. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua - Perú

- Rueda, D. (2015). Botánica sistemática. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ed. Planeta. Quito-Ecuador.
- Serna Avelar, R. (2004). Determinación de la dosis optima económica de fertilización para maíz en el municipio de Ahualulco de mercado, Jalisco. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guadalajara. Guadalajara-México.
- Tafolla Rodríguez, M. A., Rincón Sánchez, F., Ruiz Torres, N. A., Sánchez Ramírez, F. J., Martínez Reyna, J. M., & Benavides Mendoza, A. (2021). Efectos genéticos y ambientales de la prolificidad en relación con el rendimiento de grano en maíz. *Agrociencia*, 55(6), 507–521. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8097512>
- Velásquez Cortez, J. E. (2024). Efecto de cuatro niveles de fertilización nitrogenada en la producción del híbrido DK7508 de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.), en Trujillo - La Libertad. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú.
- Zepeda Bautista, R., Carballo Carballo, A., & Alcántar González, G. (2002). Efecto de la fertilización foliar en el rendimiento y calidad de semilla de cruas simples en maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo-México.

ANEXOS

CÁLCULO E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELO

Cálculo para Nitrógeno	Unidad			
Materia orgánica (MO)	%	5.30		
Contenido de Nitrógeno 5% MO	%	5.30 x 5%	0.265	
Contenido de Nitrógeno	mg/ha			
Capa arable	m ³	0.18		
Superficie por Ha	m ²	100m x 100m	10,000.00	m ²
Capa arable por ha	m ³ /ha	0.18m x 10,000m ²	1,800.00	m ³
Densidad aparente (según análisis)	t/m ³	1.40		
Densidad aparente (según análisis)	Kg/m ³	1,400.00		
Cálculo del volumen de tierra	Kg/Ha	1,800 x 1,400	2,520,000.00	
Nitrógeno disponible	Kg/ha	66.78		

Cálculo para fósforo disponible	Unidad			
Fósforo disponible (según análisis)	mg/Kg	7.89		
Profundidad de capa arable	m	0.18		
Superficie por Ha	m ²	100m x 100m	10,000.00	m ²
Capa arable por ha	m ³ /ha	0.18m x 10,000m ²	1,800.00	m ³
Densidad aparente (según análisis)	t/m ³	1.40	1,400.00	
Densidad aparente (según análisis)	Kg/m ³	1,400.00		
Cálculo del volumen de tierra	Kg	1,800 x 1,400	2,520,000.00	
Fósforo disponible (según análisis)	mg/Kg	7.89		
Fósforo disponible (según análisis)	mg/ha	2,520,000.00 x 7.89	19,882,800.00	
Fósforo disponible (según análisis)	Kg/ha	19,882,800.00 x /1,000,000	19.88	

Cálculo para potasio disponible	Unidad			
Potasio disponible	mg/Kg	104.00		
Capa arable		0.18		
Superficie por Ha	m ²	100m x 100m	10,000.00	
Capa arable por ha	m ³ /ha	0.18m x 10,000m ²	1,800.00	
Densidad aparente (según análisis)	t/m ³	1.40	1,400.00	
Densidad aparente (según análisis)	Kg/m ³	1,400.00		
Cálculo del volumen de tierra	Kg	1,800 x 1,400	2,520,000.00	
Potasio disponible	mg/Kg	104.00		
Potasio disponible	mg/ha	262,080,000.00		
Potasio disponible	Kg/ha	262.08		

NIVELES DE FERTILIZACIÓN A APLICAR

Nivel de fertilización **110-60-40 de N-P₂O₅ -**

K₂O

**Dosis
baja**

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
DETERMINACIÓN DE FERTILIZANTE A APLICAR				
Procedencia	N Kg/Ha	P ₂ O ₅ Kg/Ha	K ₂ O Kg/Ha	CaO Kg/Ha
Nivel de fertilización	110	60	40	
Suelo según análisis	66.78	19.88	262.08	5,504.79
Total a fertilizar Kg/ha*	43.22	40.12	0	

Nivel de fertilización **200-90-60 de N-P₂O₅ -**

K₂O

Dosis media

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
DETERMINACIÓN DE FERTILIZANTE A APLICAR				
Procedencia	N Kg/Ha	P ₂ O ₅ Kg/Ha	K ₂ O Kg/Ha	CaO Kg/Ha
Nivel de fertilización	150	90	60	
Suelo (según análisis)	66.78	19.88	262.08	0.00
Total a fertilizar Kg/ha*	83.22	70.12	0	

Nivel de fertilización **280-120-90 de N-P₂O₅ -**

K₂O

Dosis alta

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
DETERMINACIÓN DE FERTILIZANTE A APLICAR				
Procedencia	N Kg/Ha	P ₂ O ₅ Kg/Ha	K ₂ O Kg/Ha	CaO Kg/Ha
Nivel de fertilización	230	120	90	
Suelo (según análisis)	66.78	19.88	262.08	0.00
Total a fertilizar Kg/ha*	163.22	100.12	0	

*El cálculo de fertilizante a aplicar se ha realizado en base al análisis de suelos efectuado en la zona de estudio

Panel fotográfico

	Fotografía 1. Diseño de las parcelas experimentales en campo
	Fotografía 2. Estaqueo de las parcelas experimentales



Fotografía 3.
Parcelas
experimentales con
maíz en crecimiento.



Fotografía 4.
Planta de maíz en
crecimiento



Fotografía 5.
Planta de maíz en
crecimiento



Fotografía 6.
Fertilización de las
pantas de maíz

 A photograph showing several young corn plants growing in rows in a field. The soil is dark and appears to be covered with some organic matter or mulch. The plants are small and green, with their leaves beginning to emerge.	Fotografía 7. Plantas de maíz en crecimiento
 A photograph of a corn plot in a field. A person wearing a red hat, a grey long-sleeved shirt with 'FREE' on it, and blue jeans is standing in the middle of the plot. To the left of the person is a large white sign with text and a picture of corn. The sign reads: 'UNIVERSIDAD NACIONAL ANTONIO ABAD DE CUSCO', 'TERMINO', 'Dosis de fertilización en el cultivo de maíz (Zea mays L.) con el fertilizante', 'LATITUD: 13° 43' 32" S', 'LONGITUD: 72° 50' 13" W', and 'RECTORIA'. The corn plants are tall and have yellowing leaves, indicating they are mature. A small white sign with 'BIV' is visible on the ground near the person's feet.	Fotografía 8. Parcela experimental



Fotografía 9.
Codificación de las
muestras cosechadas
de maíz



Fotografía 10.
Pesaje de granos por
mazorca de maíz
para determinación
del peso hectolítrico



Fotografía 11.
Evaluación de la
producción de maíz



Fotografía 12.
Visita del asesor al
lugar del
experimento



Fotografía 13.
Evaluación de plagas
en la parcela
experimental por
parte del asesor.

Ficha técnica - híbrido ADV 9139

• Variables Generales

// Días a floración: 54.0 - 56.7 [100.9] días

// Días a cosecha: 126 - 132 días

• Características de la Mazorca



Tipo de grano: Cristalino (Grano grande, redondeado y profundo, grano duro).

Color de grano: Anaranjado.

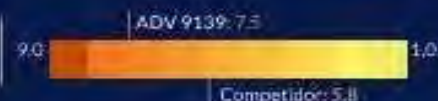
Número de hileras: 16-18

Número de granos por hilera: 38-43

Desgrane (%): 81.8 - 85.8

Pudrición de Mazorca (%): 5.6%**

Color de grano:

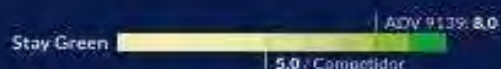


Escala: 11 (Malo/ Pálido) - 9 (Excelente/ Anaranjado)

• Características de Planta

Arquitectura de Planta: Semi - Erecta

Tiene una buena distribución de hojas, tercio superior muy erecto, un poco más abierto el tercio medio e inferior.



Escala: 1 [No tiene] - 9 [Excelente]



Altura de Planta (cm):
224 - 251

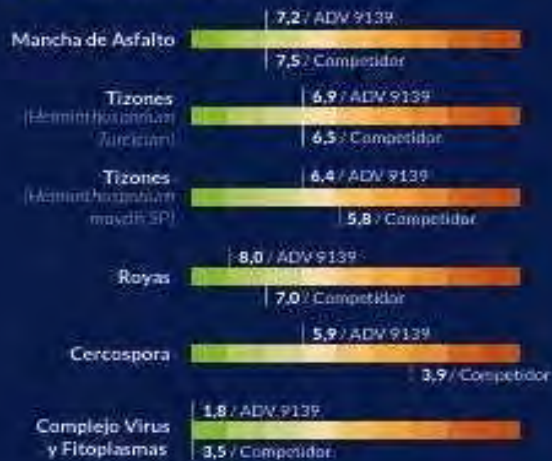
Altura de Mazorca (cm):
118.5 - 142.3

Arranque "Startup": Bueno 8.2

Volcamiento del Tallo (%): 1.4

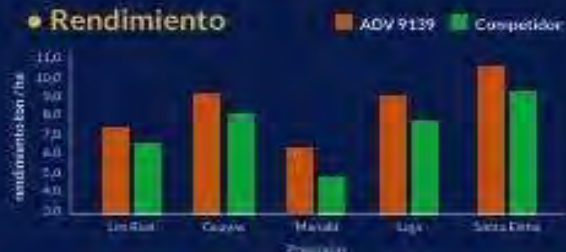
Volcamiento de raíz (%): 0.9

• Desempeño a Enfermedades (*)



Escala: 9 (Tolerante) - 1 (Susceptible)

• Rendimiento



Ficha técnica - híbrido Marginal 28

MINISTERIO DE AGRICULTURA

inia

Instituto Nacional de Innovación Agraria

MAÍZ AMARILLO DURO MARGINAL 28 TROPICAL



MAÍZ AMARILLO DURO MARGINAL 28 TROPICAL

ADAPTACIÓN

El ámbito de desarrollo del cultivo de la variedad Marginal 28 Tropical (M 28 T) es la selva alta y costa norte del Perú, siendo su rango de adaptación hasta los 1800 msnm.

Además, muestra excelente aptitud para chala en la costa central.

COMPORTAMIENTO FRENTE A FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS

Es una variedad resistente al acame y tolerante a la sequía, así como a la roya y el carbón.

ORIGEN

La variedad marginal 28 tropical es un compuesto que resulta de un cruzamiento inter e intra poblacional de los cultivares ACROSS 7728, FERKE 7928, LA MAQUINA 7928 provenientes del CIMMYT, mejorada y adaptada por el INIA a condiciones tropicales de selva y costa norte del Perú.

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Plántula

Vigor inicial	: Intermedio
Color de la plántula	: Verde amarillento

Planta

Hábito de crecimiento	: Erecto
Altura	: De 2,00 a 2,20 m
Forma de la hoja	: Lanceolada
Color de hojas	: Lámina verde, nervadura central verde claro
Color del tallo	: Nudos y entrenudos verde claro
Días a 50% de floración	: de 58 a 60 después de la siembra
Período vegetativo	: De 110 a 120 días

Inflorescencia

Coloración de los estigmas	: Púrpura
Coloración de la panoja	: Púrpura

Mazorca

Altura de inserción	: 1 a 1,10 m
Forma	: Cilíndrica y/o cónica
Color de oíote	: Blanco

Grano

Color del grano	: Amarillo rojizo, con ligera capa crema
-----------------	--



Tamaño de la semilla	: 11,8 mm (11,5 - 12,0 mm)
Forma	: Plana, mediana y alargada
Peso de 100 granos	: 36 gramos (30 - 42 g)
Número de hileras	: 14 (12 - 18)

Rendimiento

Experimental	: 8 000 kg/ha
Comercial	: 4 000 kg/ha

MANEJO DEL CULTIVO

Época de siembra

Costa	: Agosto - octubre
Selva alta	: Febrero - marzo
	Agosto - setiembre
Selva baja	: Mayo - junio

Siembra

Puede ser en forma tradicional o mecanizada, con terreno a punto.

Utilizar 25 kg de semilla/ha; se recomienda sembrar a 0.80 m entre surco y 0.50 entre golpes, colocando 3 semillas por golpe, al deshije dejar 2 plantas/golpe.

Riegos

Para áreas bajo riego:

- De machaco o remojo.
- Primer riego 35-40 días después de la siembra antes del segundo abonamiento.
- Segundo riego al 50% de floración en campo.

- Tercer riego, de llenado de grano (20 días después del riego de floración).
- De ser posible dar un riego ligero de (maduración) 20 días antes de la cosecha.

Fertilización:

Se recomienda una dosis de 160-90-0 de N-P₂O₅-K₂O

El nitrógeno debe aplicarse fraccionado, 50 % juntamente con todo el fósforo al momento de la siembra o inmediatamente después de la germinación (8 a 10 días después de la siembra).

El 50 % restante de nitrógeno aplicarlo entre los 35 a 40 días después de la siembra inmediatamente después del primer riego.

Control de malezas

Puede ser manual o con herbicidas en aplicaciones pre-emergentes, utilizando Gesaprim inmediatamente después de la siembra a 1.5 kg/ha en 200 litros de agua.

Control de plagas

Desinfección de la semilla momentos antes de la siembra, utilizar 100 g de Orthene por cada 25 kg de semilla.

Control del cogollero si al estado de plántula se observa larvas de primer estadio, aplicar

Alsystin o Dimilin (300 g/ha). Al estado de cartucho, utilizar Dipterex granulado de 8 a 10 kg/ha.

Cosecha

La cosecha se realiza a los 120 días después de la siembra y puede hacerse manualmente o empleando cosechadoras mecanizadas.

La cosecha ideal es a la madurez fisiológica (25 - 30 % de humedad). Cuando el grano presente la capa negra.



Av. La Molina N° 1981, Lima 12 - Casilla N° 2791 - Lima 1
 Telefax: 349-5631 / 349-2600 anexo 248
<http://www.inia.gob.pe> E-mail: public@inia.gob.pe

DK-7500

Excelente anclaje de planta
Alta estabilidad
Excelente cobertura de mazorca

	ORIENTE	OCCIDENTE
Potencial de rendimiento	Bueno	Bueno
Floración	51 - 53 días	51 - 53 días
Altura de planta	250 - 300cm	250 - 300cm
Altura de mazorca	120 - 140cm	120 - 140cm
Textura y tipo de grano	Semicristalino	Semicristalino
Días a cosecha	120 - 130DDS	120 - 130DDS
Número de hojas	16	16
Tipo de mazorca	Cilíndrica	Cilíndrica
Cubrimiento de mazorca	Excelente	Excelente
Número de hileras por mazorca	16	16
Anclaje de plantas	Excelente	Excelente
Tallo (resistencia a volcamiento)	Excelente	Excelente
Población recomendada a cosecha	60 a 70mil pl/ha	60 a 70mil pl/ha
Tolerancia a enfermedades	Muy tolerante	Muy tolerante

Origen y procedencia de los materiales genéticos evaluados

Material genético	Tipo	Obtentor	Progenitores
Dekalb 7500	Híbrido comercial	Dekalb/Bayer	Información protegida por la empresa obtentora
ADV 9139	Híbrido comercial	Advanta Seeds	Información protegida por la empresa obtentora
Marginal 28 Tropical	Variedad mejorada	INIA	ACROSS 7728 × FERKE 7928 × LA MAQUINA 7928 (compuesto poblacional) (Instituto Nacional de Innovación Agraria)



FICHA TÉCNICA

Fosfato diamónico

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
NOMBRE COMERCIAL	Fosfato Diamónico Granular, DAP
PRESENTACIÓN	Bolsas de 50 kg
COLOR	Marrón, Pardo
CONDICIÓN	Gránulos
GRANULOMETRÍA (2 a 4.75 mm)	90.0% mín.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
FÓRMULA QUÍMICA	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
NITRÓGENO (N)	18.0% ($\pm 1\%$)
FÓSFORO (P_2O_5)	46.0% ($\pm 1\%$)



FICHA TÉCNICA

Urea Granulada

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
NOMBRE COMERCIAL	Urea Granulada
PRESENTACIÓN	Bolsas de 50 kg, 1000 kg
COLOR	Blanco
CONDICIÓN	Gránulos
GRANULOMETRÍA (2 – 4 mm)	90.0% mín.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
NITRÓGENO (N)	46.0% ($\pm 1\%$)
BIURET	< 1.5%