

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL



TESIS:

**Aplicación de abonos en la precocidad, productividad y
rentabilidad económica de híbridos de *Zea mays* L. en
parcela de E.P. Ingeniería Agroforestal, Pichari, Cusco 2022**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGROFORESTAL

PRESENTADO POR:
Bach. Nilton RUA ENCISO

ASESORA:
Mtra. Susana Sabina PACO ESPINO

AYACUCHO - PERÚ

2026

A Dios, por otorgarme el invaluable don de la vida y conducirme con sabiduría y fortaleza hasta alcanzar este hito trascendental en mi desarrollo personal y en mi formación profesional.

A mis queridos padres, Demetrio y Elena, por su apoyo incondicional y por el invaluable esfuerzo y compromiso que demostraron a lo largo de mi proceso de formación integral, tanto en el ámbito personal como profesional.

A mis hermanos y hermana, Miki, Jaime, Grover, Yen y Deysi, por su constante respaldo, por creer firmemente en mis capacidades y por contribuir de manera significativa a la realización de mis metas académicas y profesionales.

A mi querida pareja, Aidé Mauricio Avendaño, por ser un pilar de fortaleza, constancia y motivación en mi vida. Agradezco profundamente su apoyo incondicional y su valiosa presencia en cada etapa de este camino; gracias por estar siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTOS

A mi *alma mater* Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por brindarme la oportunidad de pertenecer a esta prestigiosa institución y por acogerme en esta distinguida casa de estudios.

Expreso mi reconocimiento y gratitud a la Facultad de Ciencias Agrarias, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal, por haber contribuido a mi crecimiento profesional y académico.

A los distinguidos docentes que integran esta comunidad académica, gracias por compartir su sabiduría, conocimientos y valores, los cuales han sido fundamentales en mi desarrollo y formación profesional.

A la Ing. Susana Espino Paco, por su valioso acompañamiento, cuyas orientaciones, conocimientos, paciencia y constante dedicación fueron fundamentales para la culminación satisfactoria de este trabajo de investigación.

A los distinguidos miembros del jurado: Dr. Lurquin Marino Zambrano Ochoa, Mtra. Susana Sabina Paco Espino, Ing. Eduardo Robles García e Ing. Ennio Chauca Retamozo, por sus valiosos aportes, observaciones y sugerencias que enriquecieron el desarrollo y la calidad del presente estudio.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes de la investigación	3
1.2. Bases teóricas	4
1.2.1. Origen y distribución geográfica de maíz amarillo	4
1.2.2. Clasificación taxonómica	5
1.2.3. Morfología del maíz (<i>Zea mays</i> L.)	5
1.2.4. Estados de desarrollo del maíz.....	8
1.2.5. Condiciones de clima y suelo para el cultivo	11
1.2.6. Labores agronómicas en la instalación	13
1.2.7. Costos de producción, comercialización y rentabilidad	16
1.2.8. Plagas de maíz amarillo.....	16
1.2.9. Enfermedades de maíz.....	18
1.2.10. El maíz amarillo duro.....	19
1.3. El maíz híbrido	19
1.3.1. Híbrido IMPACTO: Syngenta	20
1.3.2. Híbrido DK-7508: Monsanto	20
1.4. Nutrición mineral de las plantas	21
1.4.1. Fuentes de nutrición en el manejo orgánico de los cultivos	23
1.4.2. Fertilizantes químicos	24
1.5. Rentabilidad económica	25
1.5.1. Costos de producción	25
1.5.2. Indicadores económicos de la producción agrícola	27
1.5.3. Indicadores de rentabilidad económica	27

1.6. Marco conceptual	29
1.6.1. Abonos	29
1.6.2. Fertilización	29
1.6.3. Híbridos de maíz.....	29
1.6.4. Precocidad.....	29
1.6.5. Productividad	30
1.6.6. Rendimiento.....	30
1.6.7. Rentabilidad económica	30
1.6.8. Costos de producción	30
1.6.9. Relación beneficio-costos.....	30
1.6.10. Nutrientes esenciales	31
CAPÍTULO II.....	32
METODOLOGÍA.....	32
2.1. Descripción del área en estudio.....	32
2.1.1. Ubicación política	32
2.1.2. Ubicación geográfica	32
2.2. Condiciones climáticas.....	32
2.3. Variables e indicadores	36
2.3.1. Variable independiente.....	36
2.3.2. Variable dependiente.....	36
2.4. Factores en estudio	36
2.4.1. Híbridos de maíz (H)	36
2.4.2. Aplicación de abonos (F)	36
2.5. Descripción de los tratamientos en estudio	37
2.6. Croquis experimental del ensayo	37
2.7. Diseño experimental y análisis estadístico.....	37
2.8. Materiales, equipos e insumos.....	39
2.8.1. Materiales y equipos.....	39
2.8.2. Insumos.....	39
2.8.3. Otros	39
2.9. Parámetros de evaluación.....	39
2.9.1. Componentes de precocidad.....	40
2.9.2. Componente de productividad.....	40
2.9.3. Rentabilidad económica	41

2.10. Conducción del ensayo.....	42
2.10.1. Reconocimiento del terreno.....	42
2.10.2. Muestreo y análisis físico - químico del suelo.....	42
2.10.3. Preparación del terreno	42
2.10.4. Compra de semillas híbridas.....	42
2.10.5. Instalación en campo.....	43
2.10.6. Abonamiento de plantas	43
2.10.7. Otras labores agronómicas	43
2.10.8. Control de plagas	43
2.10.9. Cosecha de maíz	43
2.11. Procesamiento de la información	43
CAPÍTULO III.....	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
3.1. Días de emergencia	45
3.2. Días de floración masculina	47
3.3. Días a la madurez fisiológica	49
3.4. Altura de planta	51
3.5. Altura a la mazorca.....	53
3.6. Longitud de mazorca	55
3.7. Diámetro de mazorca.....	57
3.8. Peso de mazorca	59
3.9. Rendimiento de grano	61
3.10. Rentabilidad económica	63
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 <i>Resumen de las condiciones climáticas registradas durante la campaña agrícola 2023 en Pichari, La Convención, Cusco</i>	34
Tabla 2.2 <i>Variables e indicadores</i>	36
Tabla 2.3 <i>Combinación y descripción de tratamientos en estudio</i>	37
Tabla 2.4 <i>Croquis experimental del ensayo</i>	37
Tabla 2.5 <i>Descripción de aplicación de abonos en cultivo de maíz amarillo duro</i>	37
Tabla 3.1 <i>Análisis de Variancia de días a la emergencia de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m</i>	45
Tabla 3.2 <i>Análisis de Variancia de días a la floración masculina de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m</i>	47
Tabla 3.3 <i>Análisis de Variancia de días a la madurez fisiológica de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m</i>	49
Tabla 3.4 <i>Análisis de Variancia de la altura de planta de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m</i>	51
Tabla 3.5 <i>Análisis de Variancia de la altura a la mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m</i>	53
Tabla 3.6 <i>Análisis de Variancia de la longitud de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m</i>	55
Tabla 3.7 <i>Análisis de Variancia del diámetro de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m</i>	57
Tabla 3.8 <i>Análisis de Variancia del peso de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m</i>	59
Tabla 3.9 <i>Análisis de Variancia del rendimiento de grano de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m</i>	61
Tabla 3.10 <i>Rentabilidad económica y costo de producción de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m</i>	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 <i>Resumen de las condiciones climáticas registradas durante la campaña agrícola 2023 en Pichari, La Convención, Cusco</i>	35
Figura 2.2 <i>Croquis del campo experimental y unidad experimental</i>	38
Figura 3.1 <i>Prueba de Tukey para días a la emergencia de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m</i>	46
Figura 3.2 <i>Prueba de Tukey para días a la floración masculina de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m</i>	48
Figura 3.3 <i>Prueba de Tukey para días a la madurez fisiológica de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m</i>	50
Figura 3.4 <i>Prueba de Tukey de la altura de planta de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m</i>	52
Figura 3.5 <i>Prueba de Tukey de la altura a la mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m</i>	54
Figura 3.6 <i>Prueba de Tukey de la longitud de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m</i>	56
Figura 3.7 <i>Prueba de Tukey de diámetro de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m</i>	58
Figura 3.8 <i>Prueba de Tukey de peso de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m</i>	60
Figura 3.9 <i>Prueba de Tukey del rendimiento de grano de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m</i>	61

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. <i>Análisis de suelo</i>	72
Anexo 2. <i>Costos de producción de los tratamientos</i>	74
Anexo 3. <i>Datos para el ANVA de las variables híbrido Impacto y DK -7508</i>	78
Anexo 4. <i>Panel fotográfico</i>	79

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el C.E de la E.P de Ingeniería Agroforestal, localizado en Pichari, en la Region del Cusco. El estudio tuvo como finalidad evaluar cómo la aplicación de diferentes abonos influye en la precocidad, la productividad y la rentabilidad económica de híbridos de maíz (*Zea mays* L.), el estudio se desarrolló bajo un Diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA), con arreglo factorial de dos híbridos de maíz (h1: Impacto; h2: DK-7508) y dos fuentes de abonamiento (f1: guano de isla + KCl; f2: fertilización NPK), generando cuatro tratamientos con tres repeticiones, que constituyeron un total de 12 unidades experimentales. Los resultados evidenciaron que el híbrido Impacto bajo fertilización NPK presentó el mayor rendimiento, alcanzando 8586 kg/ha., seguido del tratamiento Impacto con guano de isla + KCl, con 7937 kg/ha. En cuanto a la precocidad, el híbrido Impacto registró menores días a la emergencia, floración y madurez fisiológica en comparación con el híbrido DK-7508. En términos económicos, el tratamiento Impacto + NPK alcanzó el mayor índice de rentabilidad (1.7), con una utilidad bruta de S/ 16 192.9 ha⁻¹, mientras que el tratamiento Impacto + guano de isla + KCl presentó un índice de 1.5, con utilidad bruta de S/ 14 117.4 ha⁻¹. Concluyendo que la aplicación de abonos influye significativamente en la precocidad, productividad y rentabilidad del cultivo, destacando el híbrido Impacto con fertilización NPK como la alternativa más eficiente en las condiciones agroecológicas de Pichari.

Palabras clave: *Zea mays* L., abonamiento, precocidad, productividad, rentabilidad. y rentabilidad.

INTRODUCCIÓN

El maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) es un cultivo de gran relevancia socioeconómica en el Perú, ya que se utiliza ampliamente tanto en la alimentación humana como animal. En el Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM), este cultivo se produce en condiciones agroecológicas adecuadas, lo que incluso posibilita realizar hasta dos campañas agrícolas por año.

En los últimos años, la introducción de híbridos de maíz ha representado una alternativa tecnológica orientada a mejorar el rendimiento, la adaptabilidad y la resistencia del cultivo. Sin embargo, en el ámbito del VRAEM, la producción de maíz amarillo duro aún presenta limitaciones asociadas principalmente al manejo agronómico, especialmente en lo referente al uso adecuado de la fertilización.

El problema principal se evidencia en la reducida precocidad, productividad y rentabilidad del cultivo de maíz amarillo duro en el Centro Experimental de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal del distrito de Pichari, así como a nivel regional. Esta problemática se relaciona con el uso inadecuado de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, además de una deficiente planificación de las labores agronómicas en el manejo de híbridos recientemente introducidos.

Como consecuencia, se presentan deficiencias en los rendimientos productivos, ausencia de registros técnicos y económicos, así como bajos ingresos para los productores, lo que limita el desarrollo sostenible del cultivo en la zona.

En este contexto, se planteó la presente investigación titulada: “Aplicación de abonos en la precocidad, productividad y rentabilidad económica de híbridos de maíz *Zea mays* L, Pichari, Cusco 2022”, con el propósito de evaluar el efecto del abonamiento en el comportamiento agronómico y económico del cultivo.

Para ello, se emplearon fuentes de abonamiento como guano de isla y fertilización NPK, previa determinación del análisis de suelo, con el fin de establecer dosis adecuadas que permitan optimizar el rendimiento y la rentabilidad del cultivo.

Con esta investigación se busca mejorar la precocidad, productividad y rentabilidad del maíz amarillo duro. Los resultados obtenidos serán difundidos entre los productores del distrito de Pichari, promoviendo el uso adecuado de distintas fuentes de abonos en la fertilización del cultivo. De esta manera, se espera contribuir de forma significativa al incremento de la productividad y aportar a la solución del problema identificado.

Objetivo general

Evaluar la influencia de la aplicación de abonos en la precocidad, productividad y rentabilidad de híbridos de *Zea mays* L. en el centro experimental de la EPIAF Ingeniería Agroforestal, Pichari, Cusco 2022.

Objetivos específicos

1. Evaluar la influencia de la aplicación de abonos en la precocidad del cultivo de híbridos de maíz.
2. Evaluar la influencia de la aplicación de abonos en la productividad del cultivo de híbridos de maíz.
3. Evaluar la influencia de la aplicación de abonos en la rentabilidad económica del cultivo de híbridos de maíz.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

Mesías (2015), en su investigación titulada “*Fertilización química del híbrido de maíz Zea mays L. DEKALB 7088 en la zona de Ventanas*”, se planteó como objetivo evaluar el efecto de la fertilización química sobre el comportamiento agronómico y determinar las dosis más eficientes. Se analizaron variables como altura de inserción de mazorca, altura de planta, peso de cien granos, número de granos por mazorca, longitud y diámetro de mazorca, y rendimiento por hectárea. Los resultados indicaron que el Tratamiento 7 (220 kg/ha. de urea + 210 kg de abono completo) obtuvo los mejores promedios en todas las variables evaluadas y el mayor rendimiento de grano. (p. 12)

Cipriano (2019), en su trabajo “*Fertilización inorgánica en el rendimiento del maíz híbrido amarillo duro Dekalb Dx 7088 Zea mays L. en condiciones edafoclimáticas de Canchán Huánuco*”, empleó el análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan (1% y 5%). Se evaluaron variables como altura de planta, dimensiones de la mazorca, número de hileras y granos, y peso por área neta. El autor concluyó la existencia de diferencias significativas, destacando que el Tratamiento T4 (160-140-120) alcanzó un peso de 379 kg por parcela, con un rendimiento estimado de 13,144.17 kg/ha., superando significativamente al testigo que solo obtuvo 4,850.56 kg/ha. (p. 4)

Intriago (2013), en su estudio “*Fertilización nitrogenada en dos híbridos de maíz (Zea mays) amarillo duro DK 1040 e INIAP H-553 en el Empalme*”, uso el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), determinó que el híbrido DK 1040 fertilizado con 350 kg de urea por hectárea logra una mayor productividad y rendimiento por unidad de superficie en comparación con el híbrido INIAP 553. Asimismo, concluyó que la combinación del híbrido DK 1040 con fertilización química presenta mejores indicadores de rentabilidad. (p. 12)

López (2021), en su ensayo *“Rendimiento y características morfológicas del cultivo de maíz Zea mays L. en respuesta a la fertilización nitrogenada orgánica y mineral”*, analizó la interacción de dos híbridos por dosis crecientes de nitrógeno (0, 69, 138, 207 y 276 kg/ha.). Mediante un diseño de parcelas divididas y la prueba de Tukey ($p>0.05$), los resultados mostraron diferencias significativas en altura de planta, diámetro de tallo e inserción y dimensiones de mazorca. Las dosis de 138, 207 y 276 kg/ha. de nitrógeno superaron al testigo, obteniéndose un rendimiento promedio de 7,390 kg/ha con la aplicación de 207 kg/ha. de nitrógeno. (p. 2)

Baque (2011), en la tesis *“Efecto del abono orgánico Bokashi sobre el rendimiento productivo del maíz híbrido INIAP H-553, en la granja experimental UNESUM – J.R.H del Valle de Cantagallo”*, evaluó tres fórmulas de Bokashi (2,070, 2,420 y 2,990 kg/ha.). Utilizando un diseño DBCA, se midieron variables morfológicas y componentes de rendimiento. El análisis económico y estadístico determinó que la Fórmula 2 (2,420 kg/ha.) ofreció los mejores resultados con un rendimiento de 5,841.80 kg/ha. y una tasa de retorno marginal del 246.65%. (p. 14)

Chuquiauri (2020), en su investigación *“Efecto de la fertilización en el rendimiento del maíz híbrido amarillo duro Dekalb Dx 7088 Zea mays L. en condiciones edafoclimáticas del Instituto Oleícola Frutícola de Cayhuayna – Huánuco”*, de nivel experimental con diseño DBCA, evaluó el efecto de NPK más compost. Los resultados arrojaron efectos significativos con la dosis T4 (160-140-120 + 5 t/ha de compost) en altura de planta y longitud de mazorca, alcanzando un rendimiento estimado de 8,333.34 kg/ha. de grano. El autor recomienda esta dosis para obtener rendimientos óptimos en las condiciones edafoclimáticas de la zona. (p. 5)

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Origen y distribución geográfica de maíz amarillo

De acuerdo con Tapia (2015), el maíz y la yuca constituyeron un aporte significativo del Nuevo Mundo hacia los conquistadores españoles, resaltando su importancia y utilidad en los procesos de descubrimiento y conquista. En cuanto a su origen, entre las distintas hipótesis propuestas por diversos investigadores, destacan tres como las más aceptadas o probables.

- Se plantea que el *Tripsacum*, el *Teosinte* y el maíz provendrían de una misma especie ancestral que en la actualidad ya se encuentra extinta.
- Otra hipótesis sostiene que el maíz tendría su origen en el *Teosinte*, ya sea a través de la selección realizada por el ser humano, mediante cruzamientos con especies hoy desaparecidas o como resultado de una mutación previa.
- También se propone que el antecesor silvestre del maíz domesticado fue el maíz tunicado reventón, actualmente extinto, y que el teosinte habría surgido como producto de la hibridación entre el maíz y el *Tripsacum*.

Por su parte, Chumpitaz (2018) afirma que el maíz tuvo, al menos, dos centros principales de domesticación independiente en América, desarrollados de forma casi contemporánea: México y Perú. En el caso peruano, se destaca el complejo Pikimachay (Ayacucho), donde se han hallado las mazorcas de maíz más antiguas de América del Sur, con una cronología que data de entre 5,000 y 3,800 a.C. Asimismo, el autor sostiene que los antiguos agricultores peruanos, mediante una alta intuición de selección, lograron obtener una vasta variabilidad de cultivos locales. (p. 12)

1.2.2. Clasificación taxonómica

Según Chumpitaz (2018), el maíz pertenece a la siguiente clasificación taxal:

Reino	: Plantae
División	: Fanerógamas
Clase	: Monocotiledóneas
Orden	: Glumiflorae
Familia	: Gramínea
Género	: <i>Zea</i>
Especie	: <i>Zea mays</i> L.

1.2.3. Morfología del maíz (*Zea mays* L.)

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta herbácea anual perteneciente a la familia Poaceae, caracterizada por presentar una morfología robusta y un elevado potencial productivo. Su estructura estuvo conformada principalmente por raíz, tallo, hojas y órganos reproductores masculinos y femeninos. Asimismo, el maíz es distinguido por ser una especie monoica, debido a que presenta flores masculinas y femeninas separadas en la misma planta (Servicio Agrícola y Ganadero [SAG], s.f.).

Paliwal et al. (2001) La planta de maíz es monoica; es decir, posee flores estaminales funcionales ubicadas en la panoja (situada en la parte terminal del tallo) y flores pistiladas que se agrupan en las mazorcas, las cuales nacen a la altura de la quinta o sexta hoja, contadas desde la panoja. El maíz es una Poaceae típica, con tallos formados por nudos y entrenudos, y hojas dispuestas de forma alterna que nacen de yemas ubicadas en los nudos. Tiende a ser de naturaleza protándrica, ya que la floración masculina ocurre normalmente antes que la floración femenina. El maíz es un cultivo alógamo, de polinización cruzada; esto significa que las flores femeninas son fertilizadas por el polen de otras plantas, diseminado por el viento. Es una especie diploide y sus células somáticas poseen 20 cromosomas. (p. 5)

a) Órganos vegetativos

Sistema radicular

Está conformado por dos tipos de raíces: seminales y adventicias. Las raíces seminales son las que se originan a partir de la semilla durante la germinación e incluyen la radícula, que es la primera estructura en emerger al romper el pericarpio, así como un número variable de raíces laterales que se desarrollan en la base del primer entrenudo, por encima del nudo escutelar. (Barandiarán, 2020, p. 34)

Tallo

Cumple la triple función de dar soporte a la planta, transportar nutrientes y almacenar carbohidratos. El número de nudos y entrenudos que forman el tallo varía entre 20 y 30, según la variedad y el ambiente en que se desarrolla la planta. La formación de nudos y entrenudos ocurre en etapas tempranas, en el estado de plántula; el crecimiento del tallo se produce por el alargamiento de las células de los entrenudos. Por esta razón, en ambientes desfavorables, tal alargamiento es limitado, reduciéndose el tamaño final de la planta, mientras que lo contrario ocurre en ambientes favorables. (Barandiarán, 2020, p. 35)

Las hojas

Nacen de yemas que se encuentran en los nudos del tallo y su número total depende de la variedad y del número de nudos que conforman el mismo. Las hojas se disponen de manera alterna a lo largo del tallo y cada una consiste en la lámina foliar (de forma alargada y lanceolada, con una marcada nervadura central y venas delgadas

paralelas), la vaina foliar (que rodea el entrenudo) y el cuello o lígula (que une la lámina y la vaina). La morfología de las hojas ha cambiado notablemente como resultado de la selección genética: de una forma laxa y de mayor área foliar, a hojas erectas y semierectas de menor área foliar, pero que exponen una mayor superficie de captación de energía solar, características del germoplasma moderno. (Barandiarán, 2020, p. 36)

b) Órganos reproductivos

La panoja

La panoja constituye la última estructura reproductiva que se desarrolla en la planta de maíz, apareciendo aproximadamente dos semanas después de la emergencia de la plántula. Una vez concluida la formación de todas las hojas, se inicia el crecimiento de esta inflorescencia masculina, en la cual se produce posteriormente el polen. Cuando la panoja alcanza su completa emergencia, comienza el proceso de liberación de los granos de polen, el cual se inicia en la porción inferior del tercio medio-superior del eje principal y progresa simultáneamente hacia la base y el ápice. Este patrón de liberación también se presenta de manera similar en las ramificaciones primarias y secundarias de la panoja.

La cantidad de polen producida por una panoja puede oscilar entre 15 y 50 millones de granos, dependiendo del material genético o variedad de maíz. Estos granos son transportados principalmente por la acción del viento, lo que favorece el proceso de polinización. La distancia de dispersión está condicionada, en gran medida, por la velocidad del viento; no obstante, se estima que más del 90 % del polen se deposita a una distancia inferior a 50 metros de la planta que lo originó. Asimismo, la duración de la antesis está influenciada por las características varietales y las condiciones térmicas del ambiente, pudiendo prolongarse hasta diez días cuando predominan temperaturas bajas (Barandiarán, 2020, p. 37)

La mazorca

La mazorca se origina a partir de una yema axilar localizada en uno de los nudos del tallo, la cual desarrolla un pedúnculo, correspondiente a un tallo modificado, delgado y con entrenudos cortos. A lo largo de este eje se forman las brácteas u hojas modificadas, cuya función principal es proteger los granos durante su desarrollo. En el extremo del pedúnculo se inicia la formación de la inflorescencia femenina mediante la aparición de pequeñas protuberancias basales que crecen gradualmente hasta conformar la mazorca

completamente desarrollada. Cada una de estas protuberancias produce dos lóbulos que originan una espiguilla con dos flores; sin embargo, únicamente una de ellas alcanza el desarrollo completo y forma un solo grano. Como consecuencia de esta característica, la mazorca presenta siempre un número par de hileras de granos. El desarrollo de las espiguillas comienza en la parte basal de la mazorca, donde los estigmas emergen antes que los ubicados en la porción superior. El tamaño final de la mazorca depende en gran medida de las condiciones ambientales y del manejo agronómico, siendo la alta densidad de siembra un factor que puede limitar su crecimiento. Asimismo, el número de hileras de granos varía entre 8 y 24, según el material genético utilizado, mientras que cada hilera puede contener más de 40 granos (Barandiarán, 2020, p. 39)

El grano de maíz

Es un fruto del tipo cariósipide, donde el integumento o pared del saco embrionario se encuentra fusionado con la semilla. Esta estructura está conformada principalmente por el pericarpio, el endospermo y el embrión. (Barandiarán, 2020, p. 40).

1.2.4. Estados de desarrollo del maíz

Según Sánchez (2004), el cultivo de maíz presenta los estados que se detallan a continuación (p. 37).

a) Estados vegetativos

Estado V1: aparece la primera hoja embrionaria, que se caracteriza por tener su borde terminal redondeado. El punto de crecimiento está entre 2.5 - 3.8 cm bajo la superficie del suelo. Se denomina punto de crecimiento al meristemo apical, donde se inicia la formación de las partes vegetativas y reproductivas de la planta.

Estado V3: el punto de crecimiento sigue bajo el suelo. La destrucción de la parte aérea de la planta no la mata y no tiene un efecto significativo en el rendimiento, ya que no afecta el punto de crecimiento de la planta. Se inicia la formación de hojas y mazorcas que tendrá la planta. Se necesita controlar la presencia de insectos que atacan al follaje y asegurar que no haya competencia con malezas.

Estado V5: el punto de crecimiento se encuentra a nivel de la superficie del suelo, se completan las hojas y mazorcas, y se inicia la formación de la panoja. La planta tiene una altura de alrededor de 20 cm. Es importante tener el campo libre de malezas.

Estado V6: el punto de crecimiento, donde se ubica el meristemo de la panoja, ya se encuentra por encima de la superficie del suelo. En esta etapa comienza un crecimiento acelerado del tallo, por lo que la demanda de nutrientes aumenta considerablemente, especialmente de nitrógeno. En la lámina foliar aún se observa el desarrollo de la segunda hoja (sin collar visible) y la primera hoja presenta borde redondeado (estado V1, Instituto Nacional de Innovación Agraria, 42). En esta fase es fundamental la aplicación de nitrógeno en suelos con buena humedad.

Estado V9: en esta etapa la panoja comienza un crecimiento acelerado, mientras que el tallo sigue desarrollándose rápidamente. Los brotes de las mazorcas empiezan a formarse en los nudos ubicados sobre la superficie del suelo, con excepción de los 6 a 8 nudos situados inmediatamente debajo de la panoja. En este estado, la planta presenta una elevada demanda tanto de agua como de nutrientes.

Estado V12: En esta etapa del desarrollo vegetativo del maíz se establece el potencial de formación de granos, representado por el número de óvulos, así como el tamaño potencial que alcanzará la mazorca. Para este momento, el número de hileras de granos ya ha sido definido; sin embargo, la cantidad de granos por hilera aún no se determina, ya que esta característica se fija posteriormente, durante el estado V17. La disponibilidad adecuada de nutrientes y de humedad resulta fundamental en esta fase, debido a que las deficiencias nutricionales o el estrés hídrico pueden disminuir el potencial de producción de semillas y restringir el crecimiento de la mazorca.

Estado V15: a partir de esta etapa es imprescindible que el cultivo disponga de una adecuada humedad en el suelo, al menos hasta una semana después del estado R1. La deficiencia de agua en este periodo puede afectar de manera considerable el rendimiento del cultivo.

Estado V18: en esta fase la mazorca ya se encuentra visible y sigue desarrollándose de manera acelerada.

Estado VT (panoja): la planta llega a su máxima altura y da inicio la antesis, es decir, la liberación del polen.

b) Estados reproductivos

Estado R1 (floración): Durante esta etapa reproductiva ocurre el proceso de polinización, en el que los estigmas o estilos-seda reciben los granos de polen para posibilitar la fecundación. Asimismo, las brácteas protectoras de la mazorca, conocidas como pancas, alcanzan su máximo desarrollo entre los estados R1 y R2. La disponibilidad de agua es determinante en esta fase, ya que el déficit hídrico puede afectar negativamente la polinización, comprometiendo la fecundación y el adecuado desarrollo de los granos.

Estado R2 (estado ampolla): En esta etapa reproductiva la mazorca alcanza prácticamente su desarrollo máximo en tamaño. Los estigmas o estilos-seda comienzan el proceso de desecación, mientras que el embrión ya es visible en el interior del grano. De igual manera, se inicia una intensa acumulación de materia seca, aunque los granos aún presentan un elevado contenido de humedad, cercano al 85 %.

Estado R3 (estado lechoso): Esta fase ocurre aproximadamente tres semanas después de la floración. Durante este periodo, el embrión presenta un crecimiento acelerado y, de manera simultánea, continúa el proceso de acumulación de materia seca en los granos. En esta etapa, los granos mantienen un elevado contenido de humedad, el cual se sitúa alrededor del 80 %.

Estado R4 (estado pastoso): Esta etapa se alcanza aproximadamente cuatro semanas después de la floración. Durante este periodo, las hojas embrionarias y las raíces seminales completan su desarrollo. Paralelamente, continúa la acumulación progresiva de materia seca en los granos, los cuales comienzan a adquirir una mayor consistencia y compactación dentro de las hileras de la mazorca. En esta fase, el contenido de humedad de los granos se reduce hasta situarse alrededor del 70 %.

Estado R5 (estado dentado): Esta fase ocurre aproximadamente siete semanas después de la floración. Durante este periodo, los granos inician un proceso gradual de deshidratación que comienza en la parte superior y avanza progresivamente hacia su base.

En esta etapa, el contenido de humedad de los granos aún es elevado, situándose alrededor del 75 %.

Estado R6 (madurez fisiológica): Esta fase se alcanza aproximadamente ocho semanas después de la floración y representa el momento en que los granos completan su desarrollo y alcanzan su máximo peso seco. En esta etapa, el contenido de humedad se reduce hasta valores comprendidos entre 30 % y 35 %, indicando que el cultivo ha llegado a la madurez fisiológica y se encuentra en condiciones adecuadas para iniciar la cosecha.

Tipos de semilla de maíz

La semilla de maíz disponible en el mercado se clasifica principalmente en dos categorías: variedades e híbridos. Cada una posee características, ventajas y limitaciones que varían según las condiciones ambientales y las prácticas de manejo implementadas durante el cultivo. En términos generales, las variedades presentan un potencial productivo inferior al de los híbridos en cuanto al rendimiento de grano. Dentro de las opciones de mayor difusión se encuentran las variedades de polinización libre (VPL) y los híbridos, ampliamente utilizados por los productores debido a sus características agronómicas.

1.2.5. Condiciones de clima y suelo para el cultivo

a) Clima

De acuerdo con Zevallos (1996), el maíz es un cultivo ampliamente distribuido en el Perú gracias a la existencia de variedades con capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas, desde ambientes fríos hasta zonas templadas y cálidas. El desarrollo óptimo del cultivo se alcanza con temperaturas comprendidas entre 13 y 30 °C, las cuales ejercen una influencia significativa sobre la duración de su ciclo vegetativo. En la región San Martín, la temperatura media anual se aproxima a los 27 °C. Además, un mismo material genético cultivado en zonas de menor temperatura tiende a presentar un ciclo vegetativo más largo que cuando se establece en ambientes de mayor temperatura.

La luz desempeña un papel esencial en el proceso de fotosíntesis, mientras que la disponibilidad de agua constituye un factor determinante para alcanzar un adecuado rendimiento del cultivo de maíz. Durante su ciclo vegetativo, este cultivo requiere un aporte hídrico aproximado de 400 a 600 mm, siendo indispensable que exista suficiente

humedad durante la siembra para favorecer una adecuada emergencia de las plántulas, así como en las etapas de floración, llenado y maduración de los granos. La ocurrencia de periodos prolongados de sequía en estas fases críticas puede afectar negativamente el desarrollo del cultivo y reducir de forma considerable su productividad (Zevallos, 1996, p. 56).

El viento desempeña un papel importante en el cultivo de maíz, ya que facilita la dispersión del polen y el desplazamiento de insectos de pequeño tamaño, como pulgones y trips, los cuales pueden ocasionar daños al cultivo. Asimismo, las corrientes de viento pueden provocar el acame o volcamiento de las plantas, especialmente en variedades de mayor altura y en aquellas afectadas por barrenadores del tallo. Para reducir los efectos de los factores climáticos y asegurar una producción satisfactoria, se recomienda seleccionar adecuadamente el lugar de siembra, emplear variedades con mayor tolerancia a condiciones adversas, realizar la siembra en la época más conveniente y aplicar un manejo agronómico apropiado (Cirilo, 2004, p. 65).

b) Suelo

El maíz posee una amplia capacidad de adaptación a diversos tipos de suelo; sin embargo, su crecimiento y desarrollo son más favorables en suelos de textura media, especialmente en aquellos de tipo franco y franco-arcilloso. Además, requiere suelos con un adecuado contenido de materia orgánica, buena aireación y suficiente profundidad para favorecer el desarrollo del sistema radicular. En este sentido, la profundidad efectiva del suelo debe encontrarse entre 0,6 y 1,0 m para proporcionar condiciones óptimas para el cultivo.

El maíz presenta un mejor crecimiento y desarrollo en suelos con pH cercano a la neutralidad; no obstante, es capaz de adaptarse a condiciones en las que el pH varía entre 5,5 y 7,5. Si bien muestra cierta tolerancia a los suelos con reacción alcalina, su desempeño se ve considerablemente afectado en suelos ácidos, principalmente cuando existe toxicidad por aluminio y una limitada disponibilidad de fósforo, factores que restringen su crecimiento y productividad.

De acuerdo con Cipriano (2019), el establecimiento del cultivo de maíz debe realizarse preferentemente en terrenos planos, con pendientes suaves o en áreas de relieve

moderadamente ondulado, ya que estas condiciones favorecen la ejecución de las labores agronómicas y contribuyen a disminuir los procesos de degradación del suelo ocasionados por la erosión hídrica generada por las precipitaciones (p. 29).

1.2.6. Labores agronómicas en la instalación

a) Manejo del cultivo

Según Hidalgo (2013), el manejo del cultivo comprende un conjunto de prácticas y labores agronómicas que deben planificarse y ejecutarse de forma ordenada y secuencial, iniciando incluso antes de la siembra y continuando durante todo el ciclo del cultivo hasta las etapas de cosecha y comercialización.

La secuencia y el momento adecuado para la ejecución de las labores agronómicas determinan el proceso productivo del cultivo, el cual debe entenderse como un sistema integrado en el que todos sus componentes mantienen una interacción permanente entre sí y con las condiciones ambientales del entorno. En este contexto, cada actividad debe realizarse en el tiempo oportuno y de acuerdo con los principios establecidos por las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) (p. 13).

b) Elección del cultivar

Cultivar: “Variedad cultivada de una especie vegetal que difiere en alguna característica del resto de la especie” (Hidalgo, 2013, p. 16).

Cultivar comercial: “Cultivar que se encuentra inscrito en el Registro de Cultivares Comerciales de Semillas” (Hidalgo, 2013, p. 16).

De acuerdo con Hidalgo (2013), en la actividad agrícola la semilla adquirida para la siembra pertenece a un cultivar determinado. No obstante, en el uso cotidiano es frecuente emplear el término *variedad* para designar de manera general cualquier tipo de semilla de maíz, ya sea un híbrido, una variedad de polinización libre u otro material genético, sin establecer una diferenciación técnica entre ellos (p. 16).

c) Instalación del cultivo

Según Noriega (2001), la instalación del cultivo comprende la aplicación de prácticas agronómicas realizadas con criterios técnicos, iniciando desde la siembra y

continuando de manera secuencial hasta la cosecha y la posterior comercialización. Estas labores están estrechamente vinculadas con las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo, algunas de las cuales son consideradas críticas y demandan un manejo oportuno para favorecer un adecuado desempeño productivo (p. 8).

d) Fertilización

De acuerdo con Pinedo (2015), el cultivo de maíz, al igual que cualquier cultivo destinado a la producción comercial, requiere no solo de un manejo agronómico adecuado, sino también de un suministro suficiente de nutrientes que permitan expresar su potencial productivo. Estos nutrientes corresponden a los elementos esenciales para el crecimiento, desarrollo y formación del rendimiento del cultivo. Entre los más importantes se encuentran el nitrógeno, el fósforo y el potasio, considerados macronutrientes primarios, los cuales son incorporados al suelo mediante la aplicación de abonos o fertilizantes de uso comercial (p. 56)

Según Pinedo (2015), además de los fertilizantes comerciales, los nutrientes pueden ser suministrados mediante abonos orgánicos y fertilizantes foliares, los cuales aportan micronutrientes como magnesio, manganeso, boro y hierro. Aunque estos elementos son requeridos en menores cantidades, desempeñan funciones esenciales en el crecimiento y desarrollo normal de las plantas. En el caso del maíz destinado a la producción de grano, sus necesidades nutricionales están claramente definidas; sin embargo, para establecerlas con precisión es indispensable considerar diversos factores que permitan determinar objetivamente los requerimientos del cultivo (p. 57).

e) Control de malezas

De acuerdo con Noriega (2001), el control de malezas constituye una práctica agronómica fundamental para el adecuado manejo del cultivo de maíz. La competencia con las malezas resulta especialmente perjudicial durante el período crítico de desarrollo, razón por la cual las labores de control deben ejecutarse oportunamente en esta etapa. Si bien la condición ideal es mantener el cultivo libre de malezas para favorecer su crecimiento y productividad, en la práctica esto no siempre es posible; por ello, el objetivo del manejo consiste en reducir su presencia y mantenerlas en niveles que no ocasionen pérdidas significativas en el rendimiento hasta la culminación del ciclo del cultivo (p. 13).

f) Riego

Según Noriega (2001), el riego del cultivo de maíz se realiza comúnmente mediante la distribución de agua a través de surcos, lo que permite proporcionar la humedad necesaria para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas. Esta práctica adquiere especial importancia durante las etapas de formación y desarrollo de las mazorcas, debido a la elevada demanda hídrica del cultivo en este periodo (p. 16).

g) Control de plagas

De acuerdo con Sarmiento y Castillo (1992), el cultivo de maíz amarillo duro, al igual que otros sistemas agrícolas, puede verse afectado por diversas plagas y enfermedades. No obstante, su presencia no siempre se traduce en pérdidas de importancia económica, ya que el efecto sobre el rendimiento del cultivo depende de la intensidad de la infestación o del grado de infección. Cuando estos alcanzan niveles elevados, es más probable que se produzcan reducciones significativas en la productividad (p. 26).

h) Control de enfermedades

Según Sarmiento y Castillo (1992), el cultivo de maíz amarillo duro puede ser afectado por diversas enfermedades originadas por hongos, bacterias y virus, siendo estos últimos los agentes que, de manera progresiva, generan los mayores daños al cultivo. De acuerdo con la parte de la planta donde se manifiestan, estas enfermedades se clasifican en aquellas que afectan la emergencia de las plántulas, las hojas, el tallo, las mazorcas y los granos durante el almacenamiento (p. 25).

i) Cosecha

De acuerdo con Sánchez (2004), la cosecha representa la etapa final del manejo del cultivo y comprende el conjunto de actividades destinadas a obtener el producto desarrollado durante el ciclo agrícola. En el cultivo de maíz, esta labor incluye la recolección de las mazorcas, seguida de su secado, desgrane y posterior almacenamiento o comercialización. La cantidad y calidad de la producción obtenida deben reflejar las expectativas del productor, particularmente cuando el cultivo ha recibido un manejo agronómico adecuado y las prácticas recomendadas se han ejecutado de manera oportuna y eficiente a lo largo de todo el proceso productivo (p. 103).

1.2.7. Costos de producción, comercialización y rentabilidad

Los costos de producción corresponden al total de los recursos económicos invertidos durante el proceso productivo del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha, por lo que resulta indispensable que el agricultor mantenga un registro ordenado y sistemático de todos los gastos realizados. Por su parte, la comercialización del grano comprende su traslado desde las áreas de producción hacia centros industriales, granjas y otros mercados de menor escala. En este proceso participan distintos intermediarios; por ello, el fortalecimiento de las cadenas productivas representa una estrategia que favorece una comercialización más directa y eficiente, contribuyendo a incrementar la rentabilidad y a brindar mayor estabilidad económica a los productores.

Según Sánchez (2004), la rentabilidad constituye uno de los principales objetivos de cualquier sistema de producción agrícola, incluido el cultivo de maíz, ya que busca generar el mayor beneficio económico posible para el productor. Este beneficio aumenta cuando el manejo agronómico del cultivo es más eficiente, permitiendo obtener mayores rendimientos, optimizar los costos de producción y aprovechar condiciones favorables de comercialización. La rentabilidad se determina mediante la relación Beneficio/Costo (B/C), indicador que expresa el nivel de retorno económico alcanzado por el cultivo (p. 117).

1.2.8. Plagas de maíz amarillo

Según De La Cruz (2016), el cultivo de maíz es atacado por una amplia variedad de plagas, pero únicamente algunas de ellas generan pérdidas económicas significativas que hacen necesario su control, sobre todo en parcelas de pequeños productores, donde los recursos destinados a insumos suelen ser limitados.

Determinadas especies de plagas requieren un monitoreo más riguroso por parte de los agricultores, sobre todo cuando las siembras se efectúan antes o después de la época recomendada. En estas condiciones, la intensidad del ataque está influenciada por las fluctuaciones en las poblaciones de insectos, las cuales dependen tanto de las condiciones ambientales como del estado fenológico del cultivo. Esta situación suele intensificarse durante las siembras de verano, debido a que las temperaturas más elevadas favorecen el incremento de las poblaciones de insectos y, en consecuencia, el riesgo de infestación.

El uso de insecticidas debe realizarse cuando la plaga presenta una ocurrencia constante, amplia distribución geográfica y capacidad de generar daños económicamente importantes. La decisión sobre el momento y la frecuencia de aplicación debe basarse en evaluaciones previas, considerando aspectos económicos, ecológicos y sociales. (p. 44).

a) *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero)

De acuerdo con Sarmiento y Castillo (1992), el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) constituye la principal plaga de importancia económica en el cultivo de maíz, debido a las pérdidas significativas que puede ocasionar en la producción. Para su manejo, con frecuencia se emplean insecticidas de manera excesiva e indiscriminada; sin embargo, esta práctica puede favorecer la aparición de poblaciones resistentes a los agroquímicos, convertir plagas secundarias en plagas de relevancia económica y ocasionar efectos negativos sobre los organismos benéficos presentes en el agroecosistema (p. 25).

Según Sarmiento y Castillo (1992), el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) pertenece al orden Lepidoptera y a la familia Noctuidae. Su ciclo biológico tiene una duración aproximada de 28 días e incluye las fases de huevo, larva, pupa y adulto. La etapa de pupa se desarrolla en el suelo durante un periodo de 10 a 12 días, mientras que los estados de huevo, larva y adulto se localizan principalmente sobre el follaje del cultivo. La fase larval representa el período de mayor importancia económica, ya que se prolonga alrededor de 15 días, dependiendo de la temperatura ambiental, y es responsable de los principales daños ocasionados al maíz. Durante esta etapa, las larvas actúan como insectos cortadores y barrenadores, pudiendo perforar el tallo, afectar la mazorca e incluso destruir la panoja (p. 26).

b) *Mocis sp.* (Gusano medidor)

De acuerdo con Sarmiento y Castillo (1992), esta plaga pertenece al orden Lepidoptera y a la familia Noctuidae, presentando un ciclo biológico conformado por las etapas de huevo, larva, pupa y adulto. La fase larval es la responsable de los daños al cultivo, ya que las larvas se desplazan mediante un movimiento característico de extensión y contracción del cuerpo, similar al de una medición. Además, presentan dos manchas negras en la región dorsal y se distinguen por su elevada capacidad de consumo.

Su alimentación se basa principalmente en el follaje, pudiendo devorar gran parte del tejido foliar y dejando únicamente la nervadura central de las hojas (p. 29).

1.2.9. Enfermedades de maíz

a) *Helminthosporium maydis*. (Mancha foliar)

Según Hidalgo (2013), las lesiones se caracterizan por presentar una tonalidad marrón claro y, cuando la enfermedad progresa, pueden ocasionar la necrosis completa del tejido foliar afectado. Los primeros síntomas suelen manifestarse en las hojas inferiores de la planta. Asimismo, las elevadas temperaturas favorecen el desarrollo de esta enfermedad, cuya dispersión se produce principalmente por la acción del viento y el salpicado de las gotas de lluvia (p. 23).

b) *Puccinia polysora* (Roya)

Las pústulas son pequeñas, de color marrón claro tornándose en color marrón oscuro a medida que las plantas se acercan a la madurez, se encuentran distribuidas en ambas caras de la hoja. Su diseminación ocurre principalmente a través del viento; cuando la enfermedad ataca en las fases iniciales del desarrollo de las plantas y las condiciones para su propagación son favorables, puede haber una reducción significativa en productividad, pero cuando aparece en la fase final del desarrollo de la planta, no afecta significativamente. (Sarmiento & Castillo, 1992, p. 33)

c) *Phaeosphaeria maydis* (Mancha foliar)

Los síntomas se manifiestan mediante la aparición de lesiones necróticas de color claro en las hojas, de forma circular a elíptica y de tamaño variable. Estas lesiones se presentan inicialmente en las hojas inferiores y su desarrollo se ve favorecido por el exceso de humedad en el suelo, producto de periodos prolongados de lluvias (Sarmiento & Castillo, 1992, p. 36)

d) *Erwinia* sp. (Pudrición del tallo)

Provocan pudriciones acuosas en el tallo, acompañadas de un olor desagradable. Por lo general, el daño se inicia en los entrenudos cercanos al suelo y se extiende con rapidez hacia los entrenudos superiores. Esta enfermedad es ocasionada por roedores y puede propagarse rápidamente hasta alcanzar la última hoja de la planta. En condiciones favorables, puede generar un secado prematuro del follaje, acortar el ciclo del cultivo y

ocasionar una disminución significativa o incluso la pérdida total de la producción (Sarmiento & Castillo, 1992, p. 38)

1.2.10. El maíz amarillo duro

Según Vega (2006) indica que el maíz (*Zea mays* L.) originario de América, representa uno de los aportes más valiosos a la seguridad alimentaria mundial. Junto con el arroz y el trigo son considerados como las tres gramíneas más cultivadas en el mundo. Asimismo, en el transcurso del tiempo, diversas instituciones mundiales, estatales y privadas vienen realizando estudios serios con el objetivo de incrementar los niveles de rendimiento y de producción de nuevos y mejorados híbridos para desarrollar variedades con un alto nivel productivo, resistentes al clima y a las enfermedades. El maíz amarillo duro es uno de los cultivos de mayor importancia socioeconómica en el país, la producción nacional en el año 2005 representó el 52 % de la demanda total que fue 2 000 000 de toneladas de grano. (p. 34)

1.3. El maíz híbrido

Según León (1987), el aumento de la producción de maíz se hizo posible principalmente gracias a la introducción de semillas híbridas que para obtenerlas se utilizaban como progenitores diversas líneas obtenidas por endogamia (asimismo de origen híbrido). Cuando tales líneas se cruzan, la semilla resultante produce plantas híbridas muy vigorosas (p. 27).

Las variedades que se quieren cruzar deben sembrarse en hileras alternas, retirando las inflorescencias masculinas de una de ellas a mano, de manera que todas las semillas que se produzcan a partir de dichas plantas serán híbridas. Mediante una selección cuidadosa de las mejores líneas cruzadas, se pueden producir los híbridos de maíz más vigorosos y apropiados para el cultivo en una zona determinada. Debido a la uniformidad de las características de las plantas híbridas, éstas son fáciles de cosechar y dan lugar a producciones más altas que los individuos no híbridos. Menos del 1% del maíz que se cultivaba en Estados Unidos en 1935 era híbrido, mientras que hoy en día lo es virtualmente en su totalidad. Actualmente se necesita mucho menos trabajo para conseguir mayores producciones por hectárea de lo que se requería antes, los maíces híbridos en este ensayo son:

1.3.1. Híbrido IMPACTO: Syngenta

La semilla de maíz Impacto (híbrido simple) es un producto de planta muy sana, produce mazorcas de grano amarillo de tamaño uniforme. Su grano es semi cristalino con un alto peso específico. La semilla es muy costosa (90 soles el kilogramo de semilla), son semilla certificada.

Recomendar su siembra

Modalidad	: Temporal (lluvia) o diferentes tipos riego
Propósito	: Grano
Altitud	: Desde 0 a 1800 m s.n.m

Análisis de sanidad

Cobertura de mazorca	: Muy buena
Tallo	: Muy fuerte
Tolerante a enfermedades	: Roya, Carbón, Fusarium

Análisis fenológico de mazorca y grano

Peso específico	: Alto
Tipo	: Semi cristalino
Color grano	: Amarillo
Forma de mazorca	: Cilíndrica
Hileras	: 16-20
Relación grano/elote	: 83 %

Datos agronómicos

Ciclo	: Intermedio
Cruza	: Simple (Híbrido)
Floración masculina (50 %)	: 58 – 65 dds
Días a la cosecha	: 145
Altura de planta	: 230-240 cm
Altura de mazorca	: 120-130 cm

1.3.2. Híbrido DK-7508: Monsanto

Características agronómicas

Textura y tipo de grano	: Semi dentado
Potencial de rendimiento	: Muy bueno
Vigor	: Excelente vigor

Hojas	: Semi erectas
Sanidad de mazorca y planta	: Buena sanidad
Calidad y color del grano	: Buena calidad
Precocidad	: Precoz
Floración (días)	: 88/75
Días a cosecha	: 120 a 150
Atura e planta (cm)	: 228/220
Altura a mazorca (cm)	: 110/115
Numero de hileras/mazorca	: 16-20
Color del grano	: Amarillo-Naranja
Tolerancia a enfermedades	: Muy buena
Tolerancia a virus	: Buena
Peso promedio de 1000 granos (g)	: 375
Potencial de rendimiento	: Muy bueno
Estabilidad	: Muy bueno
Nº de semillas a la siembra	: 75000 a 81000/ha
Nº de semillas por metro	: 6 a 6.5
Distancia entre surcos	: 80 cm
Adaptabilidad	: Buena

Beneficios

- Elevada resistencia a la enfermedad conocida como mancha de asfalto.
- Mayor número de hileras por mazorca.
- Buena emergencia.
- Híbrido doble propósito (para grano y forraje).
- El híbrido ideal para esta temporada(primavera-verano).

Siembra

- Se adapta a los distintos sistemas de siembra según las condiciones y características de cada región del país.

1.4. Nutrición mineral de las plantas

Las plantas necesitan 17 elementos esenciales que absorben principalmente mediante las raíces, los cuales se clasifican en macronutrientes (N, P, K, S, Ca y Mg) y

micronutrientes (B, Mo, Fe, Cl, Mn, Zn, Cu, Ni), además de otros como C, H y O. Estos nutrientes interactúan constantemente con el suelo y los microorganismos (Machado, 2005, p. 45).

De acuerdo con Machado (2005), para alcanzar una producción agrícola eficiente es fundamental establecer un programa de fertilización sustentado en los resultados del análisis de suelo, considerando principalmente el suministro de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). La dosis de nitrógeno suele ser menor, debido a que parte de este elemento puede ser incorporado al sistema mediante la acción de bacterias fijadoras de nitrógeno. Asimismo, se recomienda realizar la fertilización de manera fraccionada, efectuando una aplicación al inicio del periodo de lluvias y otra a mitad de la estación. En términos generales, la mayoría de los suelos requiere la reposición de nutrientes para compensar las extracciones realizadas por los cultivos y las pérdidas ocasionadas por procesos como la lixiviación, la escorrentía y otros mecanismos propios del suelo (p. 46).

Clasificación cuantitativa

- Según Bertran (1962), los macronutrientes primarios y secundarios son requeridos por los cultivos en cantidades relativamente elevadas; por ello, cuando el suelo presenta deficiencia de uno o más de estos elementos, es necesario suministrarlos mediante la fertilización. La baja disponibilidad de nutrientes puede deberse a las características naturales del suelo o ser consecuencia de su extracción continua por los cultivos durante varios años. Asimismo, el establecimiento de variedades de alto rendimiento incrementa la demanda nutricional, lo que hace indispensable una adecuada reposición de estos elementos para mantener la productividad del suelo (p. 37).
- De acuerdo con Bertran (1962), los micronutrientes, también conocidos como microelementos, son elementos esenciales que las plantas requieren en cantidades muy reducidas para su crecimiento y desarrollo normal. Cuando el suelo no proporciona estos nutrientes en niveles suficientes, es necesario incorporarlos mediante fertilización, aplicándolos en dosis bajas de acuerdo con las necesidades del cultivo (p. 39).

1.4.1. Fuentes de nutrición en el manejo orgánico de los cultivos

a) Papel de los abonos orgánicos en la nutrición vegetal

Según Pinedo (2015), la materia orgánica desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la fertilidad del suelo, por lo que su incorporación mediante abonos orgánicos constituye una práctica esencial en los sistemas de producción ecológica. Asimismo, cuando esta práctica se complementa con estrategias de manejo como la conservación de suelos, la rotación y asociación de cultivos, así como la diversificación de las siembras en el tiempo y el espacio, se favorece el equilibrio del agroecosistema y se promueve una producción agrícola sostenible (p. 66). Por su parte, AGRORURAL (2015) describe las principales propiedades físicas, químicas y biológicas de los abonos orgánicos.

Propiedades físicas

- Favorece la formación de agregados en suelos de textura arenosa.
- Incrementa la capacidad de retención y absorción de agua en el suelo.
- Contribuye a descompactar y aflojar suelos con alta cohesión.
- Mejora el intercambio y la circulación de gases en el suelo.

Propiedades químicas

- Favorece la liberación de nutrientes mediante el proceso de mineralización.
- Incremento del (CIC) del suelo.
- Eleva la capacidad tampón o efecto buffer del suelo.
- Contribuye a la coloración pardo oscura del suelo.
- Estimula la formación de compuestos quelados.

Propiedades biológicas

- Favorece el aumento de la actividad biológica del suelo.
- Promueve el desarrollo de la microflora y fauna del suelo.
- Favorece el incremento de microorganismos de vida libre capaces de fijar nitrógeno atmosférico, como las bacterias del género *Azotobacter*.
- Promueve la síntesis de compuestos reguladores del crecimiento vegetal, entre ellos el ácido indolacético, contribuyendo al adecuado desarrollo de las plantas.
- Contribuye a la generación de antibióticos naturales en el suelo.

Guano de las islas

- Actúa como un fertilizante natural completo y no contaminante.
- Es biodegradable y contribuye a la mejora de las propiedades del suelo.
- Presenta solubilidad en agua.
- Favorece el incremento de la actividad microbiana del suelo.
- Proporciona diversos nutrientes esenciales.
- Genera efectos de sinergia en el sistema suelo-planta. (AGRORURAL, 2015)

1.4.2. Fertilizantes químicos

De acuerdo con Bertran (1962), estos abonos, conocidos también como fertilizantes sintéticos, se caracterizan por presentar una determinada concentración de nutrientes, denominada riqueza o ley del fertilizante. Esta se expresa en porcentaje y se consigna en el envase de los productos comerciales siguiendo el orden de los macronutrientes primarios: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (p. 39).

a) El Nitrógeno (N)

Según Pinedo (2015), el nitrógeno constituye uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que actúa como el principal impulsor de los procesos vegetativos. Este elemento representa aproximadamente entre el 1 % y el 4 % de la materia seca de la planta y es absorbido por las raíces principalmente en forma de nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+). Una vez incorporado, participa en la formación de aminoácidos y proteínas al combinarse con los compuestos derivados del metabolismo de los carbohidratos. Además, forma parte de las proteínas y desempeña un papel fundamental en los procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento del cultivo. Un adecuado suministro de nitrógeno también favorece la absorción y el aprovechamiento de otros nutrientes esenciales por parte de la planta (p. 72).

b) El Fósforo (P)

Según Pinedo (2015), el fósforo representa aproximadamente entre el 0,1 % y el 0,4 % de la materia seca de la planta y desempeña un papel fundamental en los procesos de transferencia de energía. Este nutriente es indispensable para la fotosíntesis y para diversas reacciones bioquímicas y fisiológicas relacionadas con el crecimiento vegetal. Asimismo, participa en la diferenciación celular y en la formación de los tejidos

meristemáticos responsables del desarrollo de los puntos de crecimiento. En la mayoría de los suelos, tanto naturales como agrícolas, el fósforo suele encontrarse en cantidades limitadas o con baja disponibilidad para las plantas debido a los procesos de fijación que ocurren en el suelo (p. 74).

c) El Potasio (K)

Según Cipriano (2019), el potasio constituye entre el 1,0 % y el 4,0 % de la materia seca de la planta y desempeña diversas funciones esenciales en su desarrollo. Este nutriente participa en la activación de más de 60 enzimas involucradas en procesos metabólicos fundamentales, además de intervenir en la síntesis de carbohidratos y proteínas. Asimismo, contribuye a regular el balance hídrico de la planta, favoreciendo una mayor tolerancia frente al estrés ocasionado por sequías, bajas temperaturas y condiciones de salinidad. Un adecuado suministro de potasio también fortalece la resistencia natural de las plantas, disminuyendo su susceptibilidad al ataque de diversas enfermedades (p. 15).

d) El Magnesio (Mg)

Es el componente principal de la clorofila, pigmento verde de las hojas que actúa como captador de la energía solar; por esta razón, entre el 15 y 20 % del magnesio presente en la planta se localiza en los órganos verdes. Además, el magnesio participa en reacciones enzimáticas vinculadas con la transferencia de energía dentro de la planta (Cipriano, 2019, p. 16)

e) El Calcio (Ca)

Es un elemento esencial para el crecimiento de las raíces y forma parte estructural del tejido celular de las membranas. En la mayoría de los suelos existe una disponibilidad suficiente de Ca para las plantas; sin embargo, las deficiencias pueden presentarse en suelos tropicales muy pobres en este elemento. Generalmente, su aplicación se orienta al encalado, cuyo propósito principal es disminuir la acidez del suelo (Cipriano, 2019)

1.5. Rentabilidad económica

1.5.1. Costos de producción

De acuerdo con Figueroa (2003), los costos de producción se clasifican en costos directos e indirectos. Los costos directos son aquellos que mantienen una relación directa

con el nivel de producción y se modifican en función del grado de utilización de la capacidad productiva, incluyendo dentro de esta categoría los costos variables, como la adquisición de materias primas. En contraste, los costos indirectos no están vinculados de manera inmediata con el volumen de producción o de ventas, ya que comprenden los costos fijos, los cuales permanecen relativamente constantes en el corto y mediano plazo, independientemente del nivel de actividad productiva (p. 56).

Según Condeña (2020), los costos pueden clasificarse en directos e indirectos. Los costos directos se encuentran estrechamente vinculados con el nivel de producción y experimentan variaciones de acuerdo con el grado de utilización de la capacidad instalada; dentro de esta categoría se incluyen los costos variables, como los correspondientes al consumo de materias primas. En cambio, los costos indirectos no dependen del volumen de producción ni de las ventas, puesto que comprenden los costos fijos, los cuales permanecen constantes en el corto y mediano plazo y no mantienen una relación inmediata con la actividad productiva o comercial.

De acuerdo con Condeña (2020), desde la perspectiva del producto agrícola, los costos de producción se agrupan en costos directos e indirectos. Los costos directos comprenden aquellos recursos que participan de manera inmediata en el proceso productivo y que forman parte del producto final. Entre ellos se incluyen las materias primas y los insumos agrícolas, tales como semillas, fertilizantes, abonos orgánicos, plaguicidas, plántones frutales y reguladores de crecimiento. Asimismo, abarcan la mano de obra directa, correspondiente a los sueldos, salarios y beneficios sociales del personal que interviene en la producción, además de otros gastos directamente asociados al cultivo, como el consumo de agua destinada al riego.

En contraste, los costos indirectos corresponden a aquellos desembolsos que contribuyen al proceso productivo sin incorporarse directamente al producto final. Dentro de esta categoría se incluyen los gastos asociados a la mano de obra indirecta, como el personal administrativo y de apoyo eventual, así como los relacionados con equipos, mobiliario, herramientas, materiales de limpieza, útiles, vestimenta y demás bienes que están sujetos a depreciación por uso o por obsolescencia. Del mismo modo, comprenden los costos derivados de suministros, servicios básicos, seguros, tributos, contratos, arrendamientos, intereses, gastos financieros y otros conceptos de naturaleza similar.

1.5.2. Indicadores económicos de la producción agrícola

Según Condeña (2020), el valor bruto de la producción (VBP) por hectárea se determina a partir del rendimiento obtenido por el cultivo (kg/ha) y del precio de venta del producto en chacra (S/ por kg). Por su parte, el valor neto de la producción (VNP) se calcula restando al valor bruto de la producción el costo total de producción expresado en soles por hectárea. Finalmente, la rentabilidad porcentual se estima mediante la relación entre el valor neto de la producción y el costo de producción por hectárea, cuyo resultado se expresa en porcentaje al multiplicarlo por 100.

1.5.3. Indicadores de rentabilidad económica

De acuerdo con Condeña (2020), la evaluación de la rentabilidad en una actividad productiva agrícola se realiza mediante el empleo de indicadores económico-financieros, entre los que destacan el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación Beneficio/Costo (B/C). Estos indicadores permiten determinar la viabilidad económica y el nivel de rentabilidad del proyecto productivo, y se describen a continuación.

El Valor Actual Neto (VAN) es un indicador financiero utilizado para determinar la rentabilidad de un proyecto expresada en términos monetarios. Este instrumento permite estimar y comparar, a valor presente, los flujos de ingresos (beneficios) y egresos (costos) que se generan durante el horizonte de evaluación de una inversión, empleando una tasa de descuento previamente establecida. La formulación matemática correspondiente se presenta a continuación:

$$VAN = I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{(Ba - Ca)}{(1 + i)^n}$$

Dónde:

VAN = Valor Actual Neto

I_0 = Inversión inicial en el periodo cero

Ba = Beneficios actualizados

Ca = Costos actualizados

I = Tasa de descuento

N = Número de períodos (horizonte de evaluación)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador financiero que expresa la rentabilidad generada por el capital invertido en una actividad productiva. Este índice permite estimar el porcentaje de rendimiento que produce una inversión a lo largo de su periodo de evaluación, considerando tanto la recuperación del capital como los beneficios obtenidos. Su expresión matemática se presenta a continuación.

$$TIR = T_1 + \left[\frac{(T_2 - T_1)(VAN_1)}{VAN_1 - (VAN_2)} \right]$$

Dónde:

TIR = Tasa Interna de Retorno

T1 = Tasa de descuento 1

T2 = Tasa de descuento 2

VAN1 = Valor Actual Neto 1

VAN2 = Valor Actual Neto 2

La relación Beneficio/Costo (B/C) es un indicador económico que permite determinar el beneficio obtenido por cada unidad monetaria invertida, una vez recuperados los costos de inversión, operación y mantenimiento del proyecto. Este índice se obtiene mediante el cociente entre el valor presente de los beneficios totales y el valor presente de los costos totales, calculados utilizando una tasa de descuento previamente establecida. La formulación matemática correspondiente se presenta a continuación:

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n Ba/(1+i)^n}{\sum_{t=0}^n Ca/(1+i)^n}$$

Donde:

B/C = Beneficio / Costo

Ba = Beneficios actualizados

Ca = Costos actualizados

i = Tasa de descuento

n = número de período

1.6. Marco conceptual

1.6.1. Abonos

Los abonos son definidos como sustancias orgánicas, químicas o biológicas aplicadas al suelo o a las plantas con la finalidad de suministrar nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Su aplicación permitió mejorar la fertilidad del suelo, incrementar la disponibilidad de nutrientes y optimizar el rendimiento agrícola. En el cultivo de maíz, los abonos contribuyeron significativamente al desarrollo vegetativo, formación de mazorcas y llenado de granos, favoreciendo mayores niveles de productividad y rentabilidad económica (Martínez-Gutiérrez et al., 2022).

1.6.2. Fertilización

La fertilización constituye una práctica agronómica orientada a proporcionar nutrientes esenciales requeridos por las plantas para cumplir adecuadamente sus funciones fisiológicas y metabólicas. Esta actividad incluyó la aplicación de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos, así como abonos orgánicos y biofertilizantes. La fertilización adecuada permitió incrementar el rendimiento del cultivo y mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes por parte de las plantas (Motato Alarcón et al., 2015).

1.6.3. Híbridos de maíz

Los híbridos de maíz son el resultado del cruzamiento controlado entre líneas puras genéticamente diferentes, con el propósito de aprovechar el vigor híbrido o heterosis. Estos híbridos se caracterizaron por presentar mayor uniformidad, adaptación, resistencia y capacidad productiva en comparación con variedades tradicionales. Asimismo, constituyeron una herramienta fundamental para incrementar la productividad agrícola y mejorar la competitividad de los sistemas de producción de maíz (Barry et al., 2017).

1.6.4. Precocidad

La precocidad es definida como la capacidad de un cultivo para completar su ciclo vegetativo y reproductivo en menor tiempo respecto a otros genotipos. En el cultivo de maíz, esta característica permitió adelantar la floración y cosecha, reduciendo riesgos asociados a sequías, plagas y condiciones climáticas adversas. La precocidad también favoreció una mayor eficiencia en el uso de recursos y permitió mejorar la planificación agrícola (Robles García & Matéu Mateo, 2018).

1.6.5. Productividad

La productividad agrícola es entendida como la capacidad de un sistema productivo para generar mayor cantidad de producción utilizando eficientemente los recursos disponibles. En el cultivo de maíz, la productividad generalmente fue expresada mediante el rendimiento de grano por hectárea, constituyendo uno de los principales indicadores de eficiencia agronómica y tecnológica del cultivo (Parkin, 2014).

1.6.6. Rendimiento

El rendimiento es la cantidad de producción obtenida en una determinada superficie agrícola, normalmente expresada en kilogramos o toneladas por hectárea. Este indicador permitió evaluar la eficiencia productiva de los híbridos de maíz y la efectividad de las prácticas agronómicas aplicadas durante el ciclo del cultivo. El rendimiento estuvo influenciado por factores genéticos, ambientales y de manejo agronómico (Cieza Ruiz et al., 2020).

1.6.7. Rentabilidad económica

La rentabilidad económica es la relación existente entre los beneficios obtenidos y los costos invertidos en una actividad productiva. En el cultivo de maíz, este indicador permitió evaluar la viabilidad económica del sistema de producción mediante el análisis de ingresos, costos y utilidades generadas por la actividad agrícola. Una mayor rentabilidad reflejó un uso más eficiente de los recursos productivos y mejores beneficios económicos para el productor (Samuelson & Nordhaus, 2010).

1.6.8. Costos de producción

Los costos de producción es el conjunto de gastos realizados durante el proceso productivo agrícola, incluyendo adquisición de semillas, fertilizantes, mano de obra, maquinaria, riego y demás insumos utilizados en el cultivo. Estos costos constituyeron un elemento fundamental para determinar la rentabilidad económica y eficiencia financiera de la producción de maíz (Parkin, 2014).

1.6.9. Relación beneficio-costo

La relación beneficio-costo es un indicador económico utilizado para determinar la viabilidad y eficiencia financiera de una actividad productiva. Este índice comparó los ingresos obtenidos con los costos invertidos en el proceso agrícola. Cuando el valor del

indicador fue mayor a uno, la actividad resultó económicamente rentable; mientras que valores menores a uno indicaron pérdidas económicas (Ayvar-Serna et al., 2020).

1.6.10. Nutrientes esenciales

Los nutrientes esenciales son elementos químicos indispensables para el crecimiento, desarrollo y reproducción de las plantas. En el cultivo de maíz, los principales macronutrientes correspondieron al nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), los cuales participaron en procesos fisiológicos relacionados con fotosíntesis, formación de proteínas, desarrollo radicular y llenado de granos (Motato Alarcón et al., 2015).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Descripción del área en estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro experimental de Pichari de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Escuela profesional de Ingeniería Agroforestal propiedad de la Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.

2.1.1. Ubicación política

Departamento : Cusco
Provincia : La Convención
Distrito : Pichari

2.1.2. Ubicación geográfica

Latitud : 12° 31' 64" S
Longitud : 73° 50' 30" O
Altitud : 510 m s.n.m

2.2. Condiciones climáticas

Durante el periodo evaluado, la temperatura mínima osciló entre 16.4 °C y 22.4 °C. El valor más bajo se registró en agosto de 2022 (16.4 °C), mientras que la temperatura mínima más alta ocurrió en octubre de 2023 (22.4 °C). Esto indica que el área de estudio presenta condiciones térmicas relativamente estables y favorables para el crecimiento del cultivo. En relación con la temperatura máxima, los valores variaron entre 18.5 °C y 35.5 °C. Las temperaturas más elevadas se registraron principalmente entre diciembre y febrero, alcanzando el máximo en enero de 2023 (35.5 °C), lo cual evidencia una época más cálida asociada al verano. Por otro lado, los valores más bajos ocurrieron en los meses de julio y agosto de 2023. La temperatura media presentó fluctuaciones moderadas, con valores entre 20.1 °C y 27.0 °C. Las temperaturas medias más altas se observaron entre

octubre de 2022 y febrero de 2023, mientras que las más bajas ocurrieron en julio y agosto de 2023. Estas condiciones son adecuadas para el desarrollo vegetativo y productivo del maíz, ya que este cultivo requiere temperaturas cálidas para un óptimo rendimiento. Respecto a la precipitación pluvial (PP), se observó una marcada variabilidad durante el periodo de estudio. Los mayores niveles de precipitación ocurrieron en febrero de 2023 con 339 mm/mes, seguido de enero de 2023 con 163 mm/mes, lo que evidencia una temporada lluviosa intensa. En contraste, los meses de septiembre y octubre de 2023 presentaron precipitaciones extremadamente bajas (0.1 y 0 mm/mes, respectivamente), indicando una época seca.

Tabla 2.1

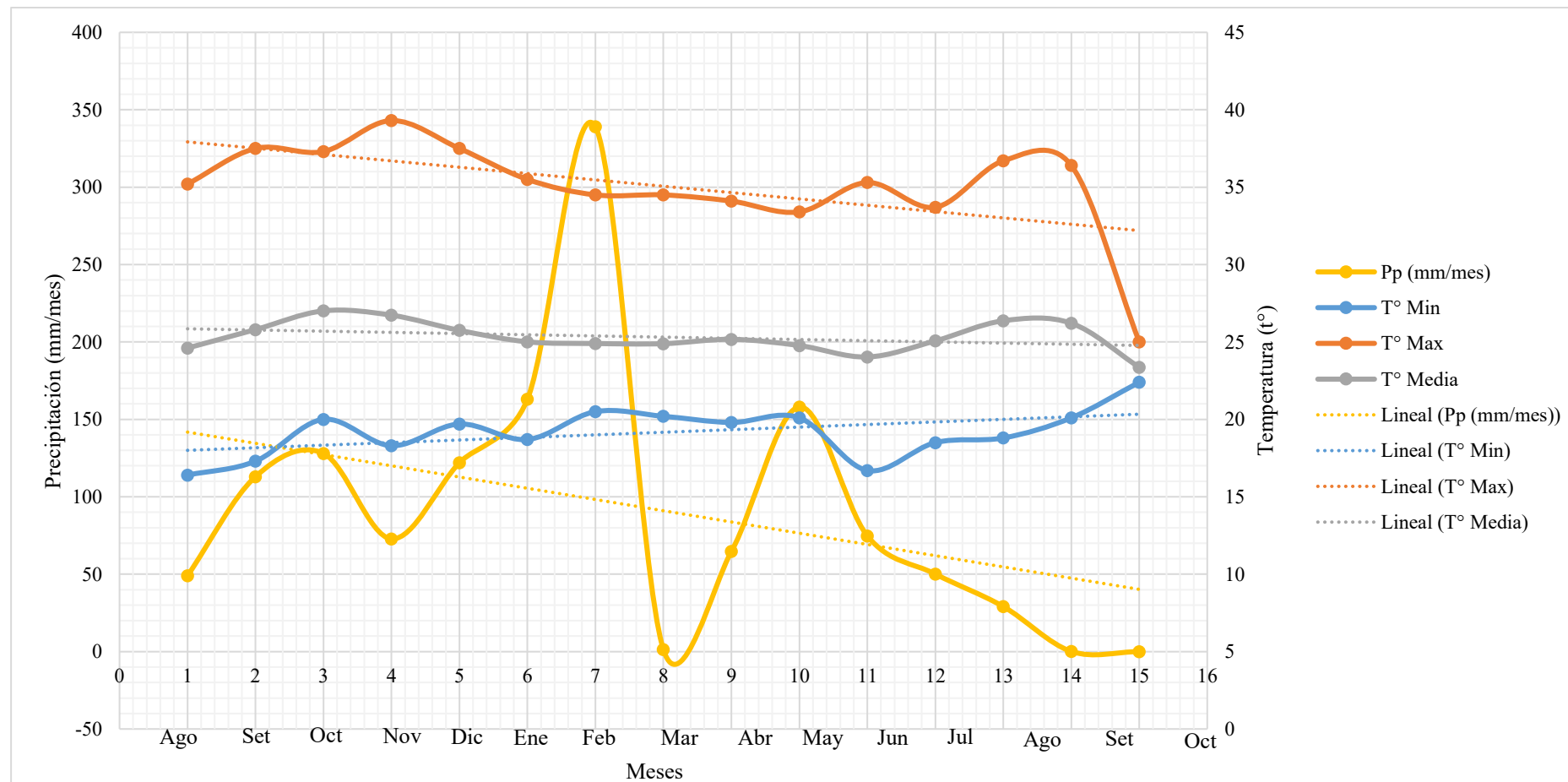
Resumen de las condiciones climáticas registradas durante la campaña agrícola 2023 en Pichari, La Convención, Cusco

Año	2022						2023										
Meses	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Total	Prom.
T° Min	16.4	17.3	20	18.3	19.7	18.7	20.5	20.2	19.8	20.1	16.7	18.5	18.8	20.1	22.4		19.17
T° Max	35.2	37.5	37.3	39.3	37.5	35.5	34.5	34.5	34.1	33.4	35.3	33.7	36.7	36.4	25		35.06
T° Med.	24.61	25.8	27.01	26.73	25.75	25.01	24.9	24.89	25.17	24.77	24.03	25.07	26.37	26.21	23.36		25.31
Pp (mm)	49	113	128	72.8	122	163	139	1.3	64.7	158	74.7	50.1	29.1	0.1	0	1164.8	77.65
ETP	90.79	80.76	88.9	85.62	87.76	75.98	79.62	86.11	85.95	92.86	89.07	88.82	83.24	85.79	91.25	1292.52	86.17
ETP ajus	64.38	57.27	63.04	60.71	62.23	53.88	56.46	61.07	60.95	65.85	63.16	62.98	64.76	58.54	60.44		61.05
H suelo	15.72	100.53	131.56	-39.71	-18.93	-36.08	-56.46	-58.97	-51.35	-36.25	30.14	34.26	29.25	-39.45	-27.48		-1.55
Exceso	15.72	100.53	131.56														
Déficit					-39.71	-18.93	-36.08	-56.46	-58.97	-51.35	-36.25	30.14					

Nota. Adaptado de Datos Hidrometeorológicos, SENAMHI, <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.

Figura 2.1

Resumen de las condiciones climáticas registradas durante la campaña agrícola 2023 en Pichari, La Convención, Cusco



Nota. datos registrados de la Estación Meteorológica de Pichari - campaña 2023

2.3. Variables e indicadores

2.3.1. Variable independiente

- Aplicación de abonos.

2.3.2. Variable dependiente

- Precocidad, productividad y rentabilidad económica del cultivo de híbridos de maíz.

Tabla 2.2

Variables e indicadores

Variable independiente (X)	Indicadores
Aplicación de abonos	▪ Abono orgánico e inorgánico (Guano de isla - Cloruro de potasio) ▪ Abono inorgánico (NPK= Nitrato - Fosfato - Cloruro de potasio)
Variable dependiente (Y)	Indicadores
Precocidad	▪ Días a emergencia ▪ Días a floración ▪ Días a la madurez fisiológica
Productividad	▪ Altura de planta ▪ Longitud de mazorca ▪ Diámetro de mazorca ▪ Número de mazorcas por hectárea ▪ Peso de grano por planta ▪ Rendimiento en grano (kg/ha.)
Rentabilidad del cultivo de híbridos de maíz	▪ Costos de producción (S/x ha) ▪ Ingresos por ventas (S/x ha) ▪ Valor bruto de producción (S/.x ha) ▪ Valor neto de producción (S/ x ha) ▪ Rentabilidad económica

2.4. Factores en estudio

2.4.1. Híbridos de maíz (H)

h1: Maíz híbrido IMPACTO (Syngenta)

h2: Maíz híbrido DK-7508: (Monsanto)

2.4.2. Aplicación de abonos (F)

f1: Guano de isla - cloruro de potasio (KCl)

f2: NPK (nitrato de amonio – fosfato di amónico – cloruro de potasio)

2.5. Descripción de los tratamientos en estudio

Tabla 2.3

Combinación y descripción de tratamientos en estudio

Trat.	Código	Híbridos de maíz	Aplicación de abonos
T1	h1a1	h1: Híbrido Impacto	a1: Guano de isla + Cloruro de potasio
T2	h1a2	h1: Híbrido Impacto	a2: NPK
T3	H2a1	h2: Híbrido DK-7508	a1: Guano de isla + Cloruro de potasio
T4	h2a2	h2: Híbrido DK-7508	a2: NPK

Nota: No existe un ensayo en la zona con fuentes de abonos en cultivo de maíz amarillo.

2.6. Croquis experimental del ensayo

Tabla 2.4

Croquis experimental del ensayo

Rep.		Maíz híbrido Impacto		Rep.		Maíz híbrido DK-7508	
Bloque	I	T1	T2	Bloque	I	T3	T4
	II	T2	T1		II	T4	T3
	III	T1	T2		III	T3	T4

Tabla 2.5

Descripción de aplicación de abonos en cultivo de maíz amarillo duro

Nº	Fuentes de abono	Dosis total en el ensayo	1 ^{er} abonamiento			2 ^{do} abonamiento			3 ^{er} abonamiento		
1	Guano de islas	89.76	22.46	0.00	0.00	44.83	0.00	0.00	22.46	0.00	0.00
	Cloruro de potasio	6.912	0.00	0.00	2.304	0.00	0.00	2.304	0.00	0.00	2.304
2	Nitrato de amonio	38.016	9.504	0.00	0.00	2.304	0.00	0.00	9.504	0.00	0.00
	Fosfato diamónico	8.064	0.00	2.688	0.00	0.00	2.688	0.00	0.00	2.688	0.00
	Cloruro de potasio	6.912	0.00	0.00	2.304	0.00	0.00	2.304	0.00	0.00	2.304

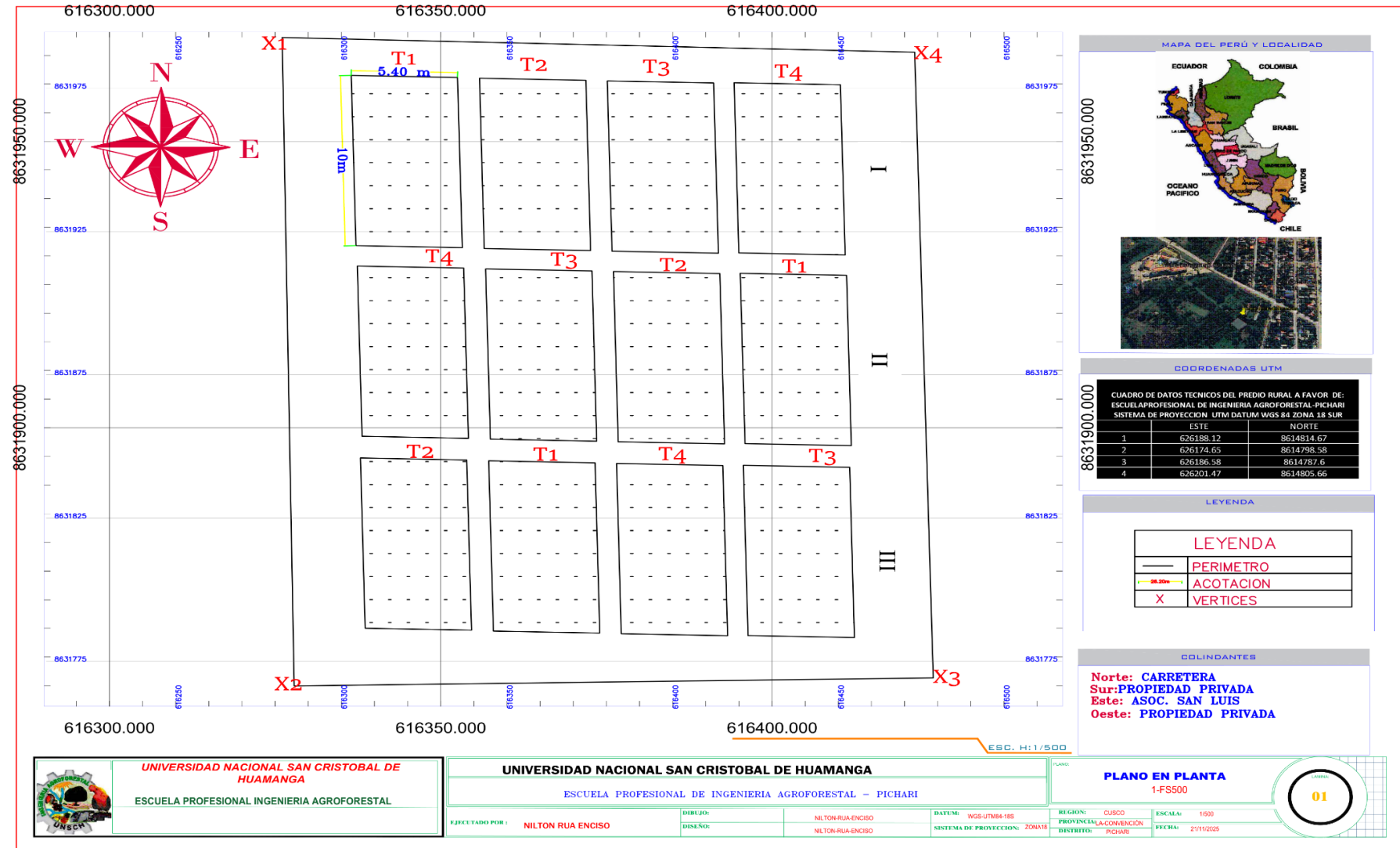
Nota: Elaboración propia, según análisis de suelo obtenido de la parcela de EPIAF y extracción de maíz INTAGRI-2019: 340N - 130P2O5 - 350K2O kg/ha.

2.7. Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se estableció bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial 2×2 (dos híbridos $\times$ dos fuentes de abonamiento), generando cuatro tratamientos, cada uno con tres repeticiones, conformando un total de 12 unidades experimentales. La unidad experimental tuvo 54 m² (largo, 10 metros y ancho, 5.4 metros, distribuido a 90 cm entre surcos y 50 cm entre golpes de semilla (2).

Figura 2.2

Croquis del campo experimental y unidad experimental



2.8. Materiales, equipos e insumos

2.8.1. *Materiales y equipos*

- Maíz amarillo híbrido Impacto
- Maíz amarillo híbrido DK-7508
- Equipo fotográfico
- Equipo de cómputo
- Calibrador de precisión
- Cinta de medición
- Instrumento de pesaje electrónico

2.8.2. *Insumos*

- Nitrato di amonio
- Fosfato diamónico
- Cloruro de potasio
- Guano de isla
- Insecticidas (Cormoran, Emiufon 500 W, Fipromil y tifón líquido)
- Fungicidas (Almagor, Attliete, fitoklin)
- Abonos foliares (carboxy max, packhard, RadiGrow xl, Oligomix)

2.8.3. *Otros*

- Cuaderno de campo
- Lapiceros
- Cordel
- Baner
- Marcadores de tinta.
- Grapadora
- Cinta adhesiva de embalaje

2.9. Parámetros de evaluación

Para la evaluación del ensayo se analizaron diversos parámetros técnicos relacionados con el manejo agronómico del cultivo de maíz amarillo duro, con el propósito de determinar su efecto sobre la precocidad, la productividad y la rentabilidad económica del cultivo.

2.9.1. Componentes de precocidad

a) Días de emergencia (días)

Se evaluó los días transcurrido entre la fecha de siembra y la fecha en que el 80% de plantas hayan emergido sobre el suelo. Para la evaluación se utilizó una ficha técnica y la observación. Se registró los datos el 12 de febrero 14 de febrero del 2023.

b) Días a la floración (días)

La floración se registró cuando el 50% de plantas presentan panojas botando polen y espigas con estilos afuera, la evaluación a partir de la fecha de siembra se realizó en los dos surcos centrales, para cada tipo de ensayo. Se registró los datos el 14 de abril y 17 de abril del 2023.

c) Días a madurez fisiológica (días)

Se evaluó los días de cosecha de haber cumplido su ciclo vegetativo y se tomó en cuenta los días transcurridos a partir de la fecha de siembra y el porcentaje de granos presente alrededor del 25% de humedad. Se registró los datos el 20 de junio del 2023.

2.9.2. Componente de productividad

a) Altura de planta (cm)

Se tomo la medida en el momento de formación de mazorcas, se considera desde el cuello de la planta hasta la primera ramificación basal de la panoja y se registra el promedio de 10 plantas por cada tratamiento y las respectivas repeticiones. Se registró los datos el 22 de abril del 2023.

b) Longitud de mazorca (cm)

Se midió en centímetros las 20 mazorcas cosechadas al azar por cada tratamiento y se registró el promedio de cada tratamiento y repetición. Se registró los datos el 3 de mayo del 2023.

c) Diámetro de mazorca (cm)

Se midió en centímetros las 20 mazorcas cosechadas al azar por cada tratamiento, registrando el promedio de cada tratamiento y repetición. Se registró los datos el 3 de mayo del 2023.

d) Número de mazorcas por hectárea (und.)

Se contabilizó el número de mazorcas bien formadas o completamente llenas, diferenciando el total de mazorcas por tratamiento en cada repetición y su proyección por hectárea. La recolección de estos datos se realizó el 25 de junio de 2023.

e) Peso de grano por planta (gr)

Se registró el peso promedio de granos de mazorcas por cada planta y por cada tratamiento, se pesó los pesos de granos de 10 mazorcas al representativas y se proyectó el rendimiento por hectárea. El peso de granos en una balanza analítica cuando los granos tengan 14% de humedad. Se registró los datos el 30 de junio del 2023.

f) Rendimiento en grano (kg/ha.)

Una vez obtenido el peso promedio de granos por mazorca y por planta se proyectó el rendimiento por hectárea de cada tratamiento. Finalmente, se aplicó la corrección final por humedad de grano al 14%, obteniendo el rendimiento en grano por tratamiento a la cosecha en kg/parcela y kg/ha. Se registró los datos el 30 de junio del 2023.

2.9.3. Rentabilidad económica

a) Costos de producción (S/x ha)

Se consignaron los costos o egresos generados por el manejo agronómico del cultivo de los híbridos de maíz a lo largo del proceso productivo.

b) Ingresos por ventas (S/ x ha)

Se registró los ingresos en soles por las ventas totales granos de híbridos de maíz.

c) Valor bruto de producción (S/.x ha)

Se tomó en cuenta el rendimiento del cultivo de maíz híbrido (kg/ha) junto con el precio total de venta del producto en chacra (S/ por kg).

d) Utilidad neta (S/ x ha)

Se tomó en consideración el valor bruto de producción (S/ por hectárea) descontando el costo de producción del cultivo de maíz (S/ por hectárea).

e) Rentabilidad económica

La rentabilidad se evalúa mediante indicadores económicos como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación Beneficio/Costo (B/C).

2.10. Conducción del ensayo

2.10.1. Reconocimiento del terreno

Previo acuerdo con el técnico responsable del campo en la parcela experimental de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal, se llevó a cabo la inspección y reconocimiento del terreno donde se instaló la investigación.

2.10.2. Muestreo y análisis físico - químico del suelo

Una vez efectuado el reconocimiento del área experimental, se procedió al muestreo de suelo en las tres zonas donde se estableció el ensayo. Para ello, se excavaron calicatas de aproximadamente 50 cm de profundidad y 40 cm de ancho. Posteriormente, se recolectaron submuestras de suelo utilizando herramientas como pico, lampa y bolsas de muestreo, las cuales fueron homogenizadas para obtener una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg. Esta muestra fue remitida al laboratorio para la determinación e interpretación de sus propiedades físicas y químicas, con el propósito de formular recomendaciones técnicas para la aplicación de las diferentes fuentes de abonos en cada unidad experimental.

2.10.3. Preparación del terreno

Se efectuó la limpieza del terreno de manera manual, empleando machetes y azadones. Posteriormente, se realizó la demarcación según el croquis experimental, utilizando cordeles y winchas para su correcta delimitación. Cada unidad experimental tuvo una superficie de 54 m², con dimensiones de 10 metros de largo por 5,4 metros de ancho, distribuyéndose en surcos separados a 90 cm y con una distancia de 50 cm entre golpes de siembra.

2.10.4. Compra de semillas híbridas

Las semillas se adquirieron de una empresa certificada o garantizada que sean semillas (f1), por ello se contactó con la empresa Agroklinge el representante de su distribución en sur del Perú (Braulio Duran Ciprian), luego se realizó la prueba de emergencia antes de realizar la siembra en campo.

2.10.5. Instalación en campo

Cada unidad experimental tendrá 54 m² (largo 10 m y ancho 5.4 m, distribuido entre surcos cada 90 centímetros y entre golpes de semillas a 50 centímetros). Los materiales utilizados fueron pico, lampa.

2.10.6. Abonamiento de plantas

El abonamiento se realizó 2 veces, según cada fuente de abono a utilizar en el ensayo. El primer abonamiento se realizó el 17 de febrero del 2023, cuando las plántulas tuvieron 2 pares de hojas, se aplicó el 100% del total de abonos a utilizar al abonamiento de Guano de Isla y CLK. El abonamiento NPK se realizó el 18 de febrero del 2023, cuando las plantas tenían 2 pares de hojas, en el cual se aplicó todo el fertilizante PK el 50% del N, la segunda aplicación se efectuó el 50 % del N el 15 marzo 2023. Para la dosificación y aplicación de abonos según cada tratamiento se tuvo en cuenta la extracción del maíz y análisis de suelo.

2.10.7. Otras labores agronómicas

Se realizaron diversas labores agronómicas, tales como desmalezado, raleo, aporque y la aplicación oportuna de fitohormonas, fungicidas e insecticidas, entre otras, durante todo el periodo de crecimiento y desarrollo de las plantas, hasta la cosecha.

2.10.8. Control de plagas

El control se llevó a cabo de manera oportuna durante todo el proceso de crecimiento y desarrollo de las plantas, considerando el manejo integrado de plagas y enfermedades. Para ello, se tomaron en cuenta las fases fenológicas y fisiológicas del cultivo de maíz.

2.10.9. Cosecha de maíz

Esta operación se realizó de manera manual teniendo en cuenta la madurez fisiológica de la planta, las mazorcas y cuando los granos tengan el 20% de humedad en la planta misma.

2.11. Procesamiento de la información

La información relacionada con la precocidad y productividad de los híbridos de maíz se cuantificó a partir del análisis estadístico de los parámetros evaluados en el

ensayo, mediante la aplicación del análisis de varianza (ANVA) y la prueba de Tukey ($P = 0,05$), con el fin de determinar diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. En cuanto a la rentabilidad económica, se elaboró el cálculo de los costos, los ingresos generados y se aplicaron indicadores económicos y financieros.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Días de emergencia

Tabla 3.1

Análisis de Variancia de días a la emergencia de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

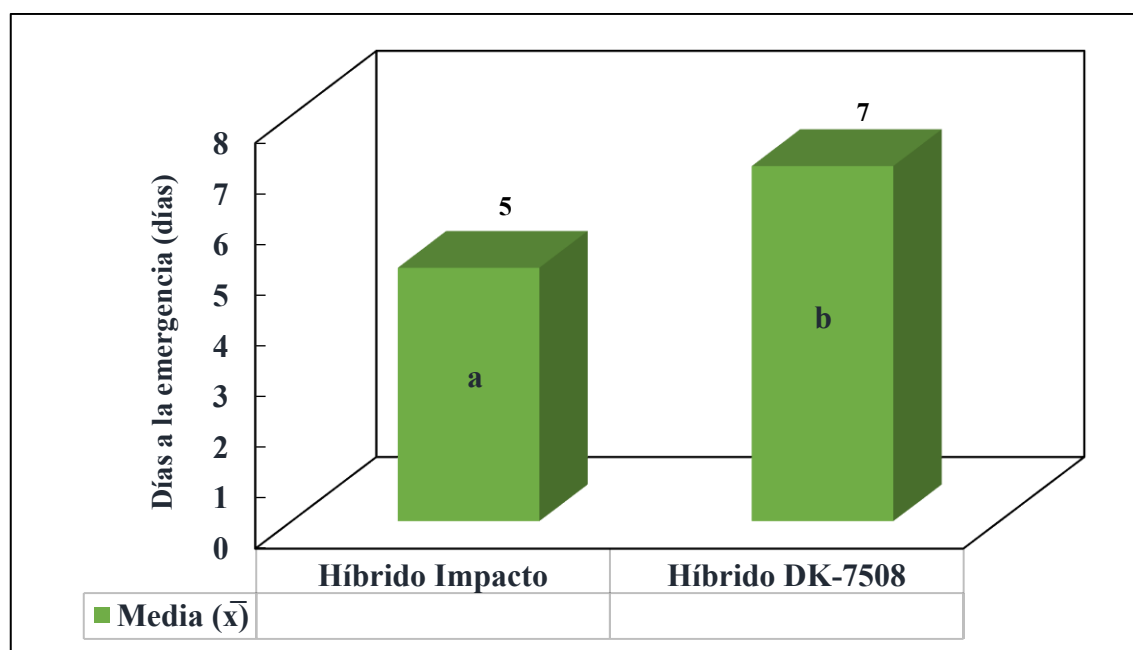
F.V.	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	0.5	0.25	1.8	0.2441ns
Híbrido (H)	1	12	12	86.4	0.0001**
Abono (A)	1	0.33	0.33	2.4	0.1723ns
Híbrido x Abono (HxA)	1	0.33	0.33	2.4	0.1723ns
Error	6	0.83	0.14		
Total	11	14			

CV (%) = 6.21

En la tabla 3.1 del ANVA correspondiente a la variable días a la emergencia, se evidenció una alta significancia estadística entre los híbridos evaluados. Esto indica que existe suficiente evidencia para afirmar que las medias no son iguales. Por ello, se aplicó la prueba de Tukey con el fin de identificar qué medias presentan diferencias entre sí, ya que el ANVA por sí solo no permite determinar qué tratamientos difieren específicamente. Asimismo, el coeficiente de variación obtenido se considera un indicador de buena precisión experimental.

Figura 3.1

Prueba de Tukey para días a la emergencia de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



En la figura 3.1 se presenta la prueba de Tukey gráfica al 95 % de confianza para el factor híbrido (H), donde se observa que el Híbrido Impacto obtuvo un promedio de 5 días a la emergencia, mostrando un menor tiempo de emergencia en comparación con el híbrido DK-7508.

Estos resultados sugieren que el híbrido Impacto posee un mayor vigor inicial, lo cual podría deberse tanto a sus características genéticas como a una mejor respuesta fisiológica frente a los tratamientos aplicados. Según Salinas et al. (2018), los híbridos con mayor tasa de germinación tienden a tener una emergencia más uniforme, lo cual mejora la competencia con malezas y favorece un desarrollo inicial más robusto.

Asimismo, la combinación de guano de isla + cloruro de potasio, al aportar nutrientes orgánicos y potasio de rápida disponibilidad, pudo haber generado condiciones óptimas para una emergencia más temprana, especialmente en suelos de textura media. En esta línea, Huamán et al. (2019) reportaron que la aplicación de fertilizantes orgánicos en combinación con fuentes minerales mejora la estructura del suelo, aumenta la disponibilidad de nutrientes y acelera la emergencia del maíz.

Por otro lado, el desempeño menos favorable del híbrido DK-7508 podría explicarse por una menor adaptación inicial a las condiciones edáficas del área de estudio o por una menor eficiencia en la absorción de nutrientes durante las etapas tempranas del cultivo. Este resultado concuerda con lo reportado por Rodríguez & Peña (2020), quienes señalaron que ciertos híbridos comerciales de maíz presentan variaciones significativas en el tiempo de emergencia en función del manejo nutricional y de las propiedades del sustrato.

3.2. Días de floración masculina

Tabla 3.2

Análisis de Variancia de días a la floración masculina de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

F.V.	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	19.5	9.75	11.32	0.0092**
Híbrido (H)	1	243	243	282.19	<0.0001**
Abono (A)	1	3	3	3.48	0.1112ns
Híbrido x Abono (HxA)	1	5.33	5.33	6.19	0.0472*
Error	6	5.17	0.86		
Total	11	276			

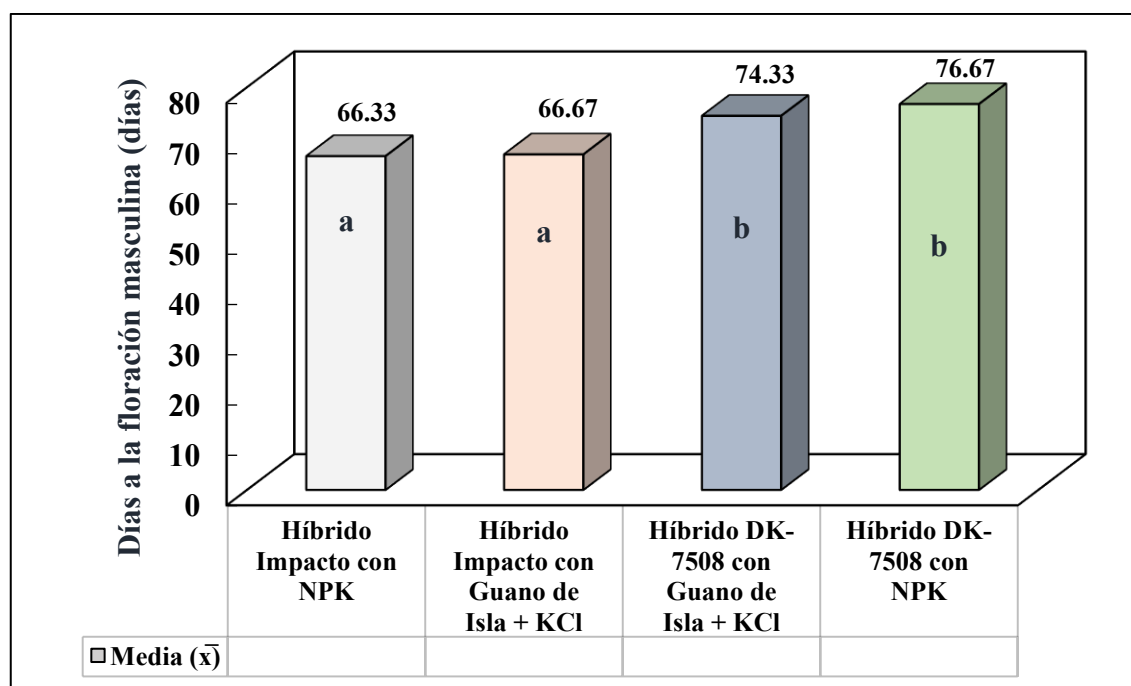
CV (%) = 7.32

En la tabla 3.2 del ANVA correspondiente a la variable días a la floración masculina, se aprecia que al nivel de significancia $\alpha = 0,05$ la interacción Híbrido $\times$ Abono (HxA) presenta un valor de $P = 0,0472$. Esto indica que existe evidencia suficiente para afirmar que las medias no son iguales. Por tal motivo, se aplicó la prueba de Tukey con el fin de identificar qué medias presentan diferencias entre sí, ya que el ANVA por sí solo no permite determinar cuáles son específicamente distintas. Asimismo, el coeficiente de variación obtenido se considera un indicador de buena precisión experimental.

Figura 3.2

Prueba de Tukey para días a la floración masculina de dos híbridos de maíz (Zea mays L.).

Pichari 560 m s.n.m



En la figura 3.2 se presenta la prueba de Tukey gráfica al 95 % de probabilidad para los días a la inflorescencia masculina dentro de la interacción Híbrido $\times$ Abono (HxA), donde se observa que las medias de 66,33 y 66,67 correspondientes al cultivar Impacto con los tratamientos de NPK y Guano de Isla + KCl, respectivamente, son estadísticamente superiores a los demás tratamientos evaluados. Estos resultados indican que, para obtener una menor cantidad de días a la floración, se recomienda el uso del híbrido Impacto, independientemente del tipo de abonamiento aplicado.

Estos resultados sugieren que el híbrido Impacto posee una mayor precocidad genética, lo cual puede ser ventajoso en zonas donde los ciclos productivos son limitados por la disponibilidad de agua o el riesgo de heladas. Según Martínez et al. (2020), los híbridos de ciclo intermedio o precoz presentan ventajas agronómicas en sistemas agrícolas de rotación corta o en regiones con periodos de cultivo restringidos.

Además, tanto el tratamiento con NPK como el guano de isla + KCl ofrecieron condiciones nutricionales adecuadas para el desarrollo del cultivo, favoreciendo una floración temprana en el híbrido Impacto. Tal como lo señalan Gonzales & Herrera

(2019), el nitrógeno estimula el desarrollo foliar inicial, mientras que el fósforo es fundamental para la diferenciación floral, y el potasio interviene en el transporte de foto asimilados hacia los órganos reproductivos.

La respuesta más tardía del híbrido DK-7508 podría atribuirse a una menor eficiencia en el uso de nutrientes o a un patrón genético de floración más tardía. Según lo indicado por Chura et al. (2018), las diferencias entre híbridos en cuanto a días a floración están influenciadas por factores genéticos, el manejo nutricional y las condiciones ambientales.

3.3. Días a la madurez fisiológica

Tabla 3.3

Análisis de Variancia de días a la madurez fisiológica de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

F.V.	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	9.5	4.75	4.89	0.0551ns
Híbrido (H)	1	280.33	280.33	288.34	<0.0001**
Abono (A)	1	3	3	3.42	0.1113ns
Híbrido x Abono (HxA)	1	1.33	1.33	1.37	0.286ns
Error	6	5.83	0.97		
Total	11	297			

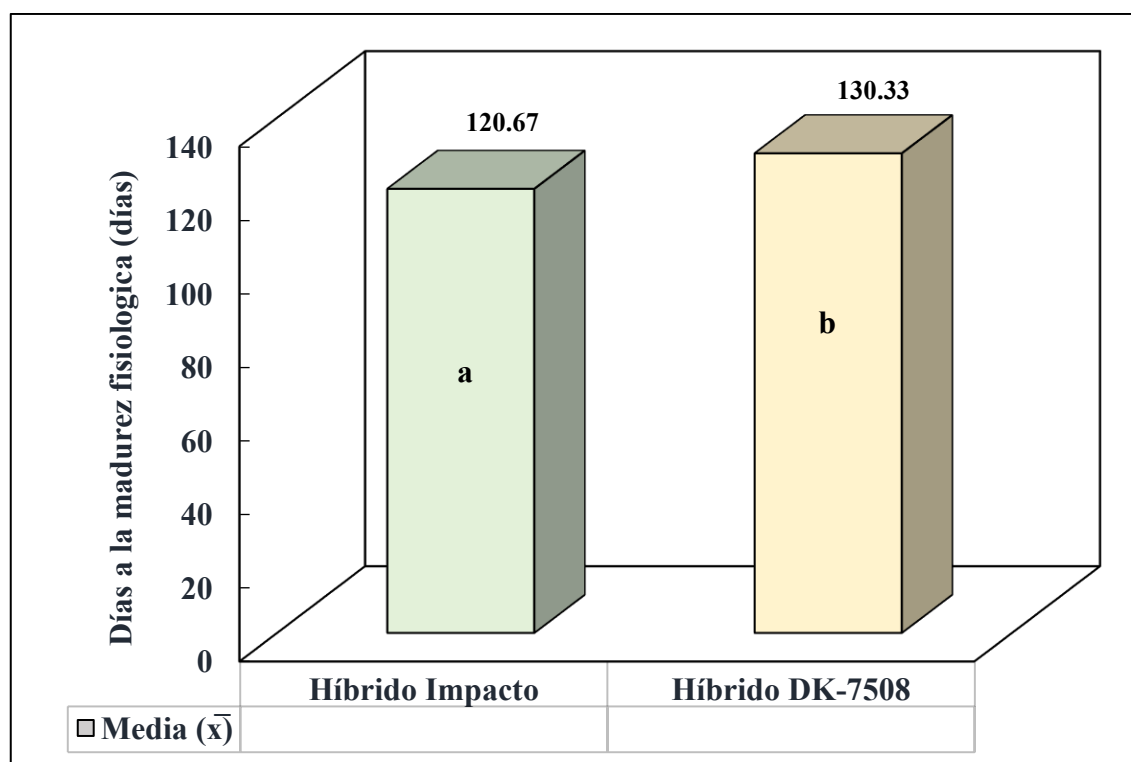
CV (%) = 7.26

En la tabla 3.3 del ANVA correspondiente a la variable días a la madurez fisiológica, se evidencia una alta significancia estadística para el factor variedades. Esto proporciona evidencia suficiente para afirmar que las medias no son iguales. Por ello, se aplicó la prueba de Tukey con el fin de determinar qué medias presentan diferencias entre sí, ya que el ANVA por sí solo no permite identificar específicamente cuáles son distintas.

Figura 3.3

Prueba de Tukey para días a la madurez fisiológica de dos híbridos de maíz (Zea mays L.).

Pichari 560 m s.n.m



En la figura 3.3 se presenta la prueba de Tukey gráfica al 95 % de confianza para el factor híbrido (H), donde se observa que el promedio de 120,67 días correspondiente al híbrido Impacto es estadísticamente superior al híbrido DK 7508. Esto indica que, si se busca alcanzar una madurez fisiológica más temprana, se recomienda el uso del híbrido Impacto en la siembra.

Esta diferencia de 10 días entre ambos híbridos resulta relevante desde un punto de vista agronómico y económico, ya que una madurez más temprana permite liberar antes el terreno para una segunda campaña, reduce la exposición a riesgos climáticos adversos al final del ciclo, y disminuye la presión de plagas y enfermedades tardías. Tal como señalan Paredes et al. (2017), los híbridos precoces son particularmente ventajosos en zonas de ceja de selva o altitudes intermedias donde las ventanas de cultivo son limitadas por la estacionalidad de las lluvias.

La madurez anticipada del híbrido Impacto también podría deberse a su interacción favorable con los tratamientos aplicados (NPK y guano de isla + KCl), que

ofrecieron una adecuada disponibilidad de nutrientes clave como nitrógeno y potasio, esenciales para acelerar los procesos metabólicos de llenado de grano y senescencia foliar. En este sentido, Zevallos et al. (2019) destacan que el potasio regula el transporte de azúcares hacia el grano, favoreciendo su maduración uniforme.

Por otro lado, el comportamiento más tardío del híbrido DK-7508 estaría relacionado con su constitución genética, dado que los híbridos de mayor porte vegetativo y biomasa aérea tienden a tener ciclos más largos. De acuerdo con Sánchez et al. (2021), los híbridos con maduración más prolongada pueden alcanzar rendimientos altos, pero también conllevan mayores riesgos agronómicos si no están bien sincronizados con el entorno climático.

3.4. Altura de planta

Tabla 3.4

Análisis de Variancia de la altura de planta de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

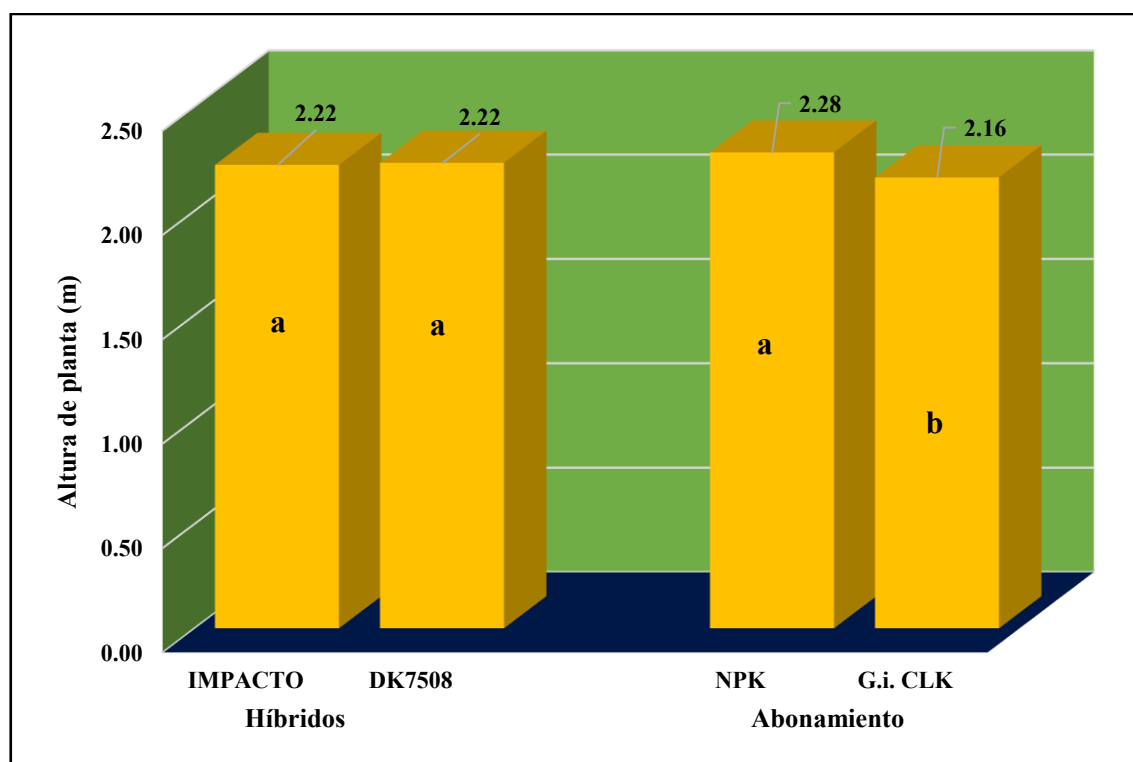
F. V.	G.L.	S.C	C.M	Fc	P< Fc
Bloque	2	0.04	0.02	3.29	0.1086 ns
Híbrido (H)	1	0.0033	0.0033	0.01	0.9439 ns
Abono (A)	1	0.04	0.04	6.22	0.0469 *
Inter (HxA)	1	0.03	0.03	4.22	0.0857 ns
Error	6	0.04	0.01		
Total	11	0.14			

C.V. = 3.55 %

En la tabla 3.4 del ANVA correspondiente a la variable altura de planta, se evidencia significancia estadística para el factor abonos. Este resultado permite la aplicación de la prueba de Tukey para identificar qué medias presentan diferencias entre sí. Asimismo, el coeficiente de variación obtenido indica que el experimento presenta una adecuada precisión.

Figura 3.4

Prueba de Tukey de la altura de planta de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



En la figura 3.4 se observa la prueba de Tukey de la altura de planta, gráfica al 95% de confianza, para el efecto principal formas de abonamiento, donde la fertilización NPK supera estadísticamente al abonamiento Guano de Isla con KCl, Esta superioridad es con un valor de 2.28 m. Numéricamente también indica que el híbrido impacto es de mayor altura.

Estos resultados muestran que el híbrido Impacto tiene un mayor potencial de desarrollo vegetativo, especialmente cuando se le suministra una fuente de fertilización NPK, pero no descuidar el abonamiento orgánica enriquecida con potasio. Según Gonzales et al. (2021), el guano de isla proporciona no solo nitrógeno y fósforo de liberación lenta, sino también microorganismos benéficos y materia orgánica que mejoran la estructura y actividad biológica del suelo, contribuyendo al crecimiento aéreo de las plantas.

Asimismo, el cloruro de potasio (KCl) mejora la turgencia celular, la elongación de tejidos y el transporte de fotoasimilados, lo que explica su impacto positivo en la altura

del cultivo. En línea con ello, Zambrano et al. (2019) reportaron incrementos significativos en la altura de plantas de maíz cuando se utilizó potasio como complemento nutricional en suelos de mediana fertilidad.

Por otro lado, la diferencia observada entre híbridos sugiere una fuerte influencia genética. El híbrido Impacto mostró mayor altura que el DK-7508 en ambos tratamientos, lo cual coincide con estudios de Rodríguez y Medina (2018), quienes concluyeron que las diferencias varietales en la altura de planta responden tanto a la genética como a la interacción con el ambiente y la fertilización.

3.5. Altura a la mazorca

Tabla 3.5

Análisis de Variancia de la altura a la mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

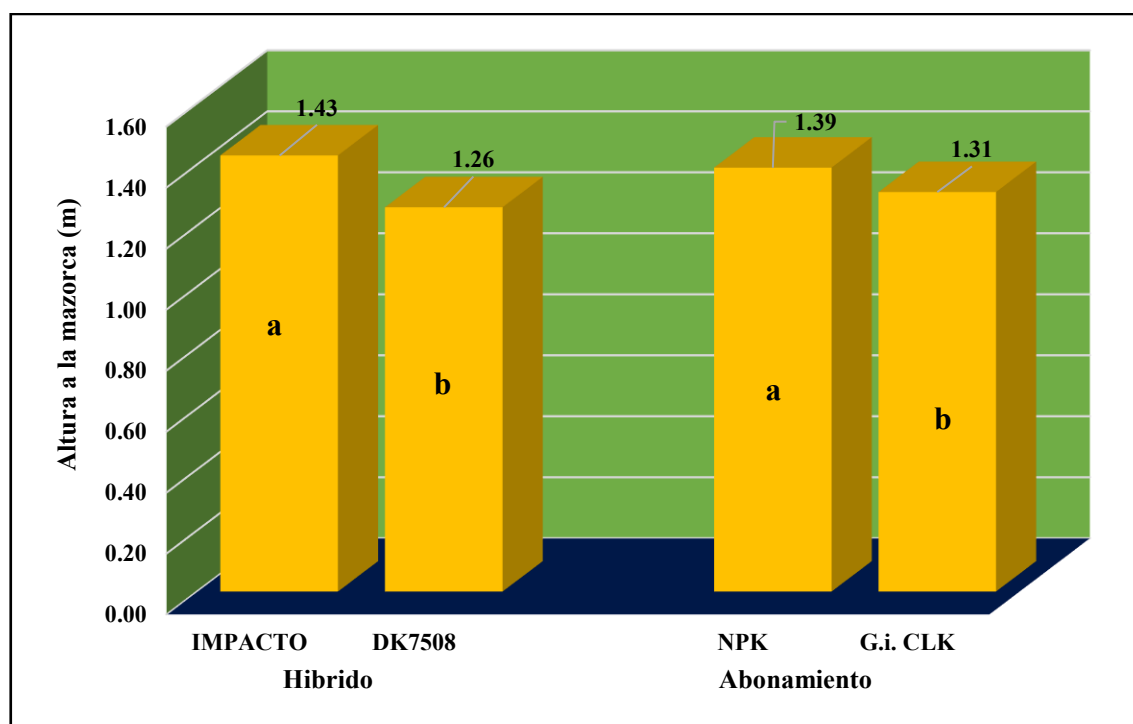
F.V.	G.L.	S.C	C.M	Fc	P< Fc
Bloque	2	0.0016	0.00078	0.45	0.6888 ns
Híbrido (H)	1	0.08	0.08	46.25	0.0005 **
Abono (A)	1	0.02	0.02	11.09	0.0158 *
Inter (HxA)	1	0.0021	0.021	1.23	0.3094 ns
Error	6	0.01	0.0017		
Total	11	0.11			

C.V. = 3.09 %

La tabla 3.5 del ANVA evidencia la presencia de significancia estadística tanto en los híbridos como en los abonos de manera independiente, lo cual permite aplicar la prueba de Tukey para identificar las diferencias existentes entre las medias. Asimismo, el coeficiente de variación obtenido indica que los datos del experimento presentan una buena precisión.

Figura 3.5

Prueba de Tukey de la altura a la mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



La figura 3.5 de la prueba de Tukey de la altura de planta a la mazorca de los híbridos y las fuentes de abonamiento, diferencia estadística en los efectos principales, donde el híbrido Impacto y el factor de la fertilización NPK son los de mayor altura de planta a la mazorca.

Estos resultados muestran que el híbrido Impacto tiene un mayor potencial de desarrollo vegetativo, especialmente cuando se le suministra una fuente de fertilización orgánica enriquecida con potasio. Según Gonzales et al. (2021), el guano de isla proporciona no solo nitrógeno y fósforo de liberación lenta, sino también microorganismos benéficos y materia orgánica que mejoran la estructura y actividad biológica del suelo, contribuyendo al crecimiento aéreo de las plantas.

Asimismo, el cloruro de potasio (KCl) mejora la turgencia celular, la elongación de tejidos y el transporte de fotoasimilados, lo que explica su impacto positivo en la altura del cultivo. En línea con ello, Zambrano et al. (2019) reportaron incrementos significativos en la altura de plantas de maíz cuando se utilizó potasio como complemento nutricional en suelos de mediana fertilidad.

Por otro lado, la diferencia observada entre híbridos sugiere una fuerte influencia genética. El híbrido Impacto mostró mayor altura que el DK-7508 en ambos tratamientos, lo cual coincide con estudios de Rodríguez y Medina (2018), quienes concluyeron que las diferencias varietales en la altura de planta responden tanto a la genética como a la interacción con el ambiente y la fertilización.

3.6. Longitud de mazorca

Tabla 3.6

Análisis de Variancia de la longitud de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

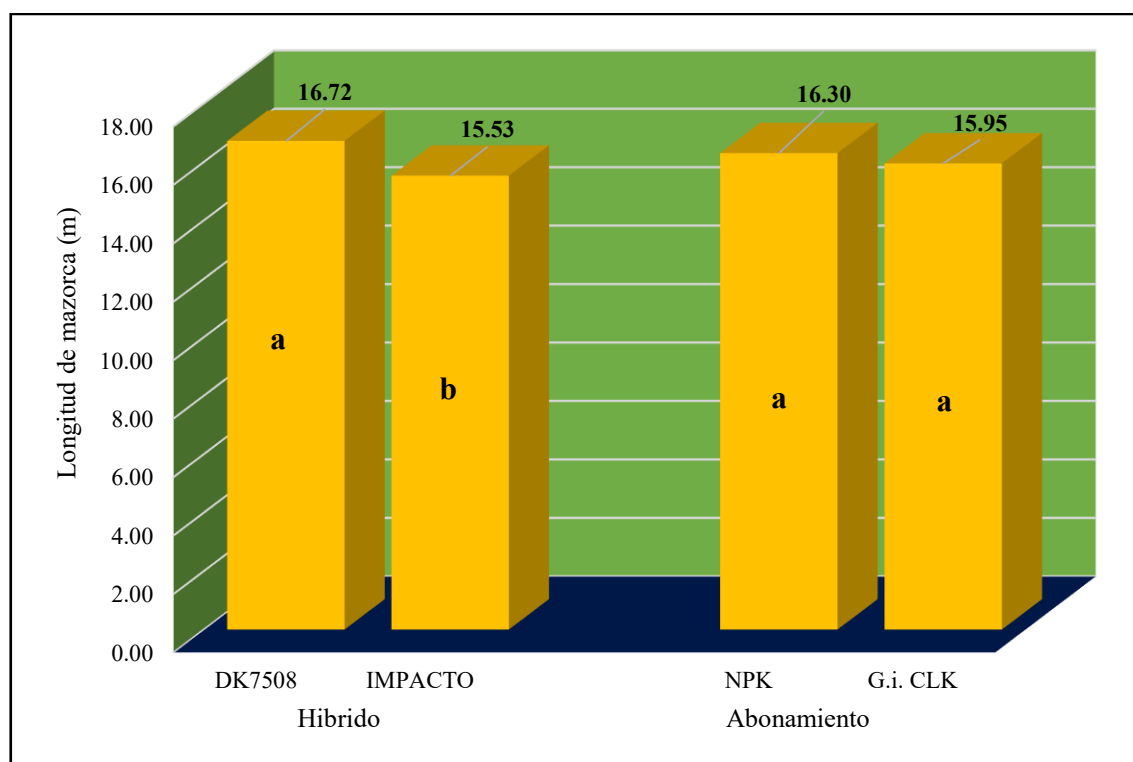
F. V.	G.L.	S.C	C.M	Fc	P< Fc
Bloque	2	0.76	0.38	2.32	0.1798 ns
Híbrido (H)	1	4.20	4.20	25.76	0.0023 **
Abono (A)	1	0.37	0.37	2.25	0.1840 ns
Inter (HxA)	1	0.10	0.10	0.62	0.4616 ns
Error	6	0.98	0.16		
Total	11	6.40			

C.V. = 2.50 %

En la tabla 3.5 del ANVA correspondiente a la variable longitud de mazorca, se observa una alta significación estadística para la fuente de variación híbridos. Esto proporciona evidencia suficiente para afirmar que las medias no son iguales. Por ello, se aplicó la prueba de Tukey con el objetivo de identificar qué medias presentan diferencias entre sí, ya que el ANVA por sí solo no permite determinar específicamente cuáles son distintas. Asimismo, el coeficiente de variación obtenido se considera un indicador de buena precisión experimental.

Figura 3.6

Prueba de Tukey de la longitud de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



En la figura 3.6 se presenta la prueba de Tukey gráfica al 95 % de probabilidad para el factor híbrido, donde la media de 16,72 cm correspondiente al cultivar Impacto, promediando cualquier tipo de fertilización, es estadísticamente superior a los demás tratamientos evaluados. Estos resultados indican que, para obtener una mayor longitud de mazorca, se recomienda el uso del híbrido Impacto junto con la aplicación de Guano de Isla + KCl.

La longitud de la mazorca es un indicador clave de la productividad del maíz, ya que guarda estrecha relación con el número de hileras de granos y, por ende, con el rendimiento total. En la presente investigación, se observó que el híbrido Impacto con aplicación de guano de isla + KCl alcanzó la mayor longitud de mazorca con 22.53 cm, siendo estadísticamente superior a todos los demás tratamientos. Le siguieron en orden decreciente: Impacto con NPK (20.67 cm), DK-7508 con guano de isla con KCl (19.4 cm) y DK-7508 con NPK (18.67 cm).

Este resultado resalta tanto la eficiencia del híbrido Impacto en el aprovechamiento de los nutrientes disponibles como la eficacia agronómica del guano de isla en combinación con potasio. Según Ríos et al. (2020), la aplicación de abonos orgánicos ricos en fósforo y nitrógeno, como el guano de isla, estimula el desarrollo radicular, lo cual mejora la absorción de agua y nutrientes, impactando positivamente en estructuras reproductivas como la mazorca.

Asimismo, el aporte de potasio mediante KCl fortalece los procesos de llenado de grano y alargamiento del eje de la mazorca, lo que también explicaría el incremento en la longitud observada. Este hallazgo coincide con lo reportado por Medina et al. (2018), quienes encontraron que tratamientos con potasio en híbridos de maíz aumentaron significativamente la longitud de las mazorcas en comparación con fertilizantes convencionales.

3.7. Diámetro de mazorca

Tabla 3.7

Análisis de Variancia del diámetro de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

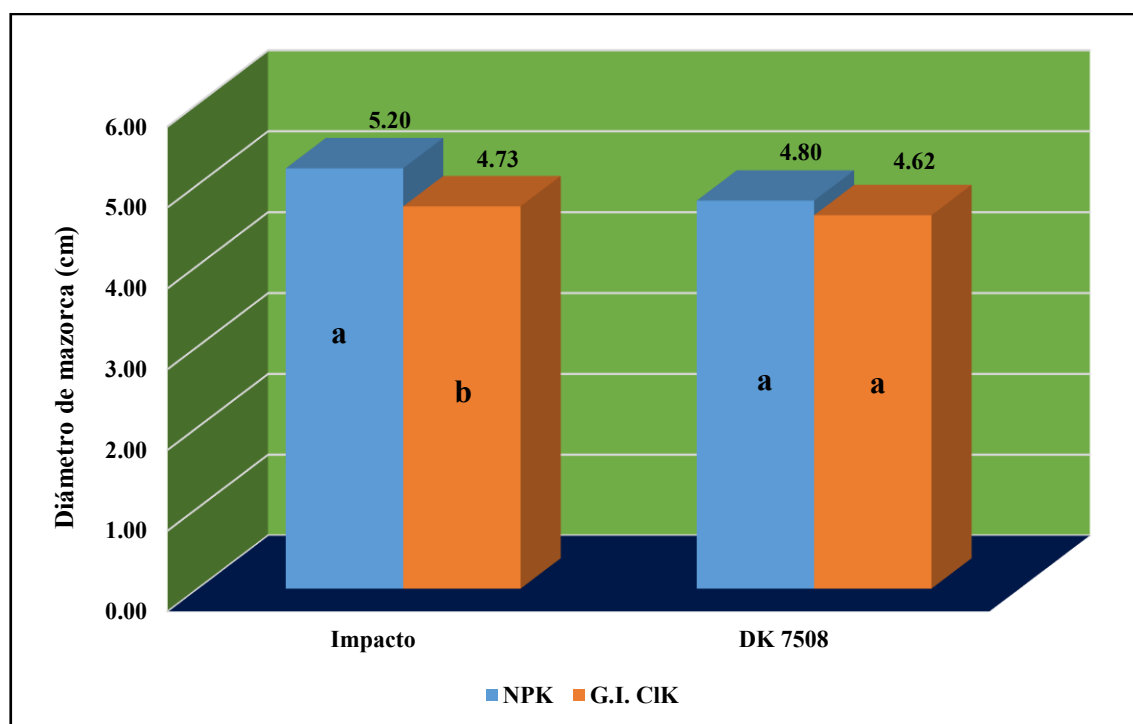
F. V.	G.L.	S.C	C.M	Fc	P< Fc
Bloque	2	0.05	0.03	3.38	0.1041 ns
Híbrido (H)	1	0.20	0.20	25.49	0.0023 **
Abono (A)	1	0.32	0.32	41.17	0.0007 ns
Inter (HxA)	1	0.06	0.06	0.03	0.0298 *
Error	6	0.05	0.01		
Total	11	0.69			

C.V. = 1.83 %

En la tabla 3.7 del ANVA correspondiente a la variable diámetro de mazorca, se evidencia significancia estadística en la interacción Híbrido × Abono (HxA). Este resultado permite afirmar que existe suficiente evidencia para indicar que las medias no son iguales. Por ello, se aplicó la prueba de Tukey de efectos simples con el fin de identificar qué medias presentan diferencias entre sí, ya que el ANVA por sí solo no permite determinar específicamente cuáles son distintas. Asimismo, el coeficiente de variación obtenido indica que el experimento presenta una adecuada precisión.

Figura 3.7

Prueba de Tukey de diámetro de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



En la figura 3.7 se presenta la prueba de Tukey gráfica al 95 % de confianza para la interacción Híbrido $\times$ Abono (HxA), donde se observa que la media de 5,20 cm correspondiente al híbrido Impacto con fertilización NPK supera estadísticamente al tratamiento con Guano de Isla más cloruro de potasio. Asimismo, el híbrido DK-7508 no presenta diferencias estadísticas significativas en comparación con el abonamiento NPK.

El diámetro de mazorca es un parámetro morfológico directamente relacionado con el tamaño y uniformidad del grano, así como con el rendimiento por planta. En este estudio, el híbrido Impacto con el abonamiento NPK registró el mayor diámetro de mazorca con 5.20 cm, seguido por el mismo híbrido con Guano de Isla con CIK. Ambos fueron estadísticamente superiores al híbrido DK-7508.

Estos resultados evidencian una doble influencia: el efecto del manejo nutricional y la capacidad genética del híbrido. El abonamiento NPK, al ser una fuente inorgánica de fácil asimilación rica en nitrógeno, fósforo y potasio, promueve el desarrollo radicular y la estabilidad estructural de los órganos reproductivos como la mazorca (Rengifo et al., 2020). Al complementarse con los elementos nitrógeno, fósforo y potasio, favorecen la

acumulación de almidones y el llenado de grano, se mejora también el engrosamiento del eje central de la mazorca, lo que se refleja en un mayor diámetro.

Además, el híbrido Impacto demostró mayor respuesta morfofisiológica frente a los tratamientos, coincidiendo con lo reportado por Quispe et al. (2019), quienes determinaron que los híbridos de alto rendimiento genético muestran incrementos significativos en parámetros como longitud y diámetro de mazorca cuando se manejan con esquemas adecuados de fertilización.

El menor desempeño del híbrido DK-7508, aun cuando se aplicaron tratamientos similares, sugiere una menor eficiencia en la absorción o uso de nutrientes, lo cual también ha sido señalado por Cruz et al. (2018), al observar que el rendimiento y componentes morfológicos del maíz dependen fuertemente de la genética del híbrido, además del ambiente y manejo agronómico.

3.8. Peso de mazorca

Tabla 3.8

Análisis de Variancia del peso de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

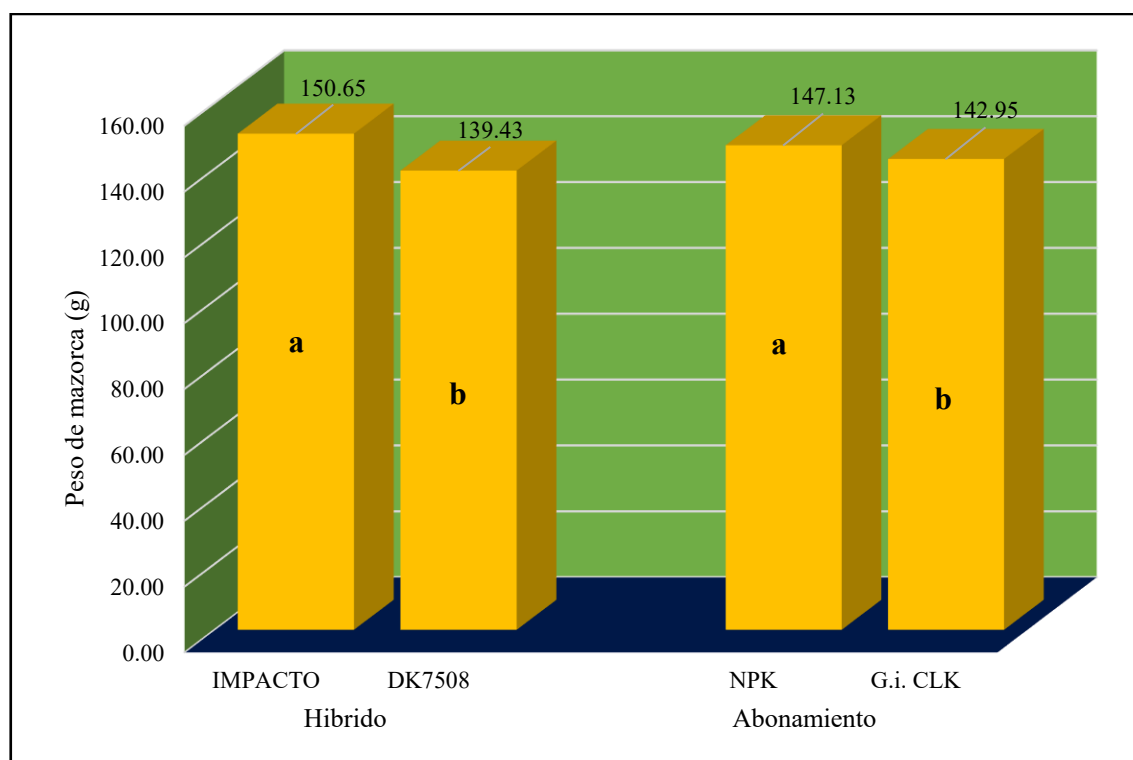
F. V.	G.L.	S.C	C.M	Fc	P< Fc
Bloque	2	8.42	4.21	0.92	0.4477 ns
Híbrido (H)	1	377.44	377.44	82.66	0.0001 **
Abono (A)	1	52.42	52.42	11.48	0.0147 *
Inter (HxA)	1	0.79	0.79	0.17	0.6918 ns
Error	6	27.40	4.57		
Total	11	466.46			

C.V. = 1.47 %

En la tabla 3.8 del ANVA correspondiente a la variable peso promedio de mazorca, se evidencia una alta significación estadística para los factores evaluados, híbridos y abonamiento, lo que permite analizar los efectos principales de ambos factores. En consecuencia, existe evidencia suficiente para afirmar que las medias no son iguales. Por ello, se aplicó la prueba de Tukey con el fin de identificar qué medias presentan diferencias entre sí. Asimismo, el coeficiente de variación obtenido indica una adecuada precisión experimental, lo que brinda mayor confianza en los resultados.

Figura 3.8

Prueba de Tukey de peso de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



La figura 3.8 de la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad para los efectos principales muestra que el híbrido Impacto, promediando las diferentes fuentes de abonamiento, presenta el mayor peso de mazorca con un valor de 150,65 g, superando estadísticamente al híbrido DK-7508. Asimismo, se observa que la fertilización con NPK es estadísticamente superior en el peso de mazorca en comparación con la aplicación de Guano de Isla combinado con cloruro de potasio.

Por su parte, el fertilizante NPK, químicamente balanceado, presentó una superioridad al del guano de isla con CLK en el peso promedio de la mazorca en el híbrido Impacto, pero no logró potenciar de igual forma al híbrido DK-7508. Esto sugiere que la respuesta de los híbridos al tipo de fertilización puede ser específica y dependiente del genotipo, como también fue confirmado en los estudios de Huamán et al. (2018) sobre interacción genotipo y manejo en maíces híbridos cultivados en la sierra del Perú. El peso de la mazorca es la variable que depende de la longitud y el diámetro de mazorca.

3.9. Rendimiento de grano

Tabla 3.9

Análisis de Variancia del rendimiento de grano de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

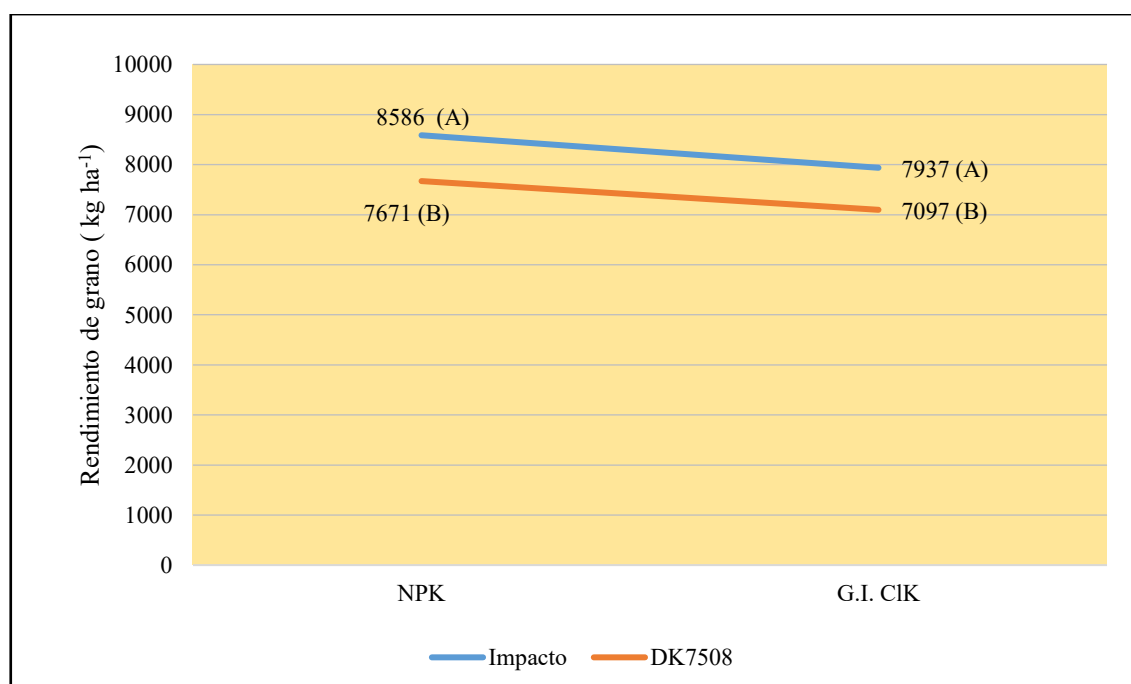
F. V.	G.L.	S.C	C.M	Fc	P< Fc
Bloque	2	34577.38	17288.69	0.27	0.7692 ns
Hibrido (H)	1	2313266.64	2313266.64	36.68	0.0009 **
Abono (A)	1	1122958.90	1122958.90	17.81	0.0056 **
Inter (HxA)	1	4282.74	4282.74	0.07	0.8031 ns
Error	6	378368.97	378368.97		
Total	11	3853454.62			

C.V. = 3.21 %

En la tabla 3.9 del ANVA correspondiente a la variable rendimiento de grano, se evidencia una alta significación estadística para los factores evaluados. Esto proporciona evidencia suficiente para afirmar que las medias no son iguales. Por ello, se aplicó la prueba de Tukey con el objetivo de identificar qué medias presentan diferencias entre sí. Asimismo, el coeficiente de variación obtenido indica una adecuada precisión experimental, lo que brinda mayor confianza en los resultados.

Figura 3.9

Prueba de Tukey del rendimiento de grano de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



La figura 3.9. se observa la prueba de Tukey del rendimiento de grano al 95% de probabilidad, se observa que no existe interacción, pero al tratarse de dos niveles se puede efectuar para una mejor interpretación bajo los efectos simples de los híbridos y el factor abonamiento, se puede observar al Híbrido Impacto un rendimiento con un abonamiento de NPK muestra un valor de 8586 kg/ha. En esta investigación, la mayor respuesta se obtiene al utilizar la fuente de abonamiento de NPK es superior a la fuente de Guano de Isla con Cloruro de potasio (CIK), obteniendo un rendimiento de 7671 kg/ha. también se observa la superioridad del híbrido Impacto.

Este comportamiento confirma que tanto el material genético como el tipo de fertilización influyen significativamente en la productividad del maíz. El híbrido Impacto, al mostrar un mejor desempeño con ambos tratamientos, evidencia una mayor eficiencia en el uso de nutrientes y mayor estabilidad agronómica. Según Vilca et al. (2021), los híbridos con mayor capacidad de respuesta fisiológica frente a fuentes de nutrientes orgánicos y minerales logran convertir eficientemente los insumos en biomasa comercializable.

Respecto al efecto del Guano de Isla + KCl, se sabe que esta combinación aporta nitrógeno, fósforo, micronutrientes y potasio en cantidades balanceadas, lo que favorece procesos como la fotosíntesis, el llenado de grano y el desarrollo radicular (Salazar et al., 2020). En este sentido, los nutrientes de origen orgánico no solo mejoran la disponibilidad de elementos esenciales, sino que también optimizan la actividad microbiana del suelo, beneficiando el rendimiento general del cultivo.

Los resultados también concuerdan con los hallazgos de Torres y Chávez (2019), quienes evaluaron híbridos de maíz bajo distintas estrategias de fertilización y concluyeron que los tratamientos orgánico-minerales superan en rendimiento a las fertilizaciones exclusivamente químicas, especialmente en condiciones edafoclimáticas favorables.

3.10. Rentabilidad económica

Tabla 3.10

Rentabilidad económica y costo de producción de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

Tratamientos	Costo de producción (S/)	Rendimiento de grano kg/ha	Valor de venta (3.00/kg)	Utilidad bruta (S/)	Índice de Rentab.
H. Impacto con NPK	9 565,13	8 586,0	25 758,0	16 192,9	1,7
H. Impacto G.I. CIK	9 693,57	7 937,0	23 811,0	14 117,4	1,5
H. DK-7508 Con NPK	9 565,13	7 671,0	23 013,0	13 447,9	1,4
H. DK-7508 Con G I. CIK	9 693,57	7 097,0	21 291,0	11 597,4	1,2

La tabla 3.10 muestra una mayor rentabilidad económica para el Híbrido Impacto con un abonamiento de NPK un valor de 1,7 con utilidad bruta de 16 192,9, pero se tiene muy cerca al mismo híbrido con el abonamiento de Guano de Isla y CIK que proporciona una rentabilidad de 1,5 con utilidad bruta de 14 117,4

Estos resultados reflejan una clara relación entre rendimiento agronómico y retorno económico, en donde el híbrido Impacto, al expresar un mayor rendimiento en kg/ha., también logra una mejor eficiencia económica por unidad de superficie. Este comportamiento es coherente con lo reportado por Espinoza et al. (2020), quienes destacaron que los híbridos con mayor capacidad de aprovechamiento de nutrientes generan retornos superiores cuando se integran prácticas de fertilización combinada.

El uso del Guano de Isla, recurso natural rico en nitrógeno, fósforo y micronutrientes, en combinación con cloruro de potasio (KCl), demostró ser la segunda opción en la rentabilidad. Esto coincide con los hallazgos de Mejía y Luyo (2022), quienes demostraron que los sistemas mixtos de fertilización no solo incrementan la productividad, sino que también reducen los costos por menor dependencia de insumos importados, incrementando así el margen de ganancia del productor.

Asimismo, la adaptabilidad del híbrido Impacto a este sistema de fertilización mineral responde decisivamente en su desempeño económico. Según Rojas et al. (2021), la interacción entre genotipo y tipo de fertilización es determinante para maximizar la rentabilidad, especialmente en cultivos intensivos como el maíz amarillo duro.

En resumen, el tratamiento con Guano de Isla con KCl en el híbrido Impacto no solo representa una alternativa agronómicamente eficiente, sino también una estrategia económicamente viable y sostenible para los agricultores del entorno estudiado.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la aplicación de abonos influyó en la precocidad de los híbridos de *Zea mays* L., destacando el híbrido Impacto por alcanzar la emergencia, floración y madurez fisiológica antes que el híbrido DK-7508.
2. Se logró evidenciar que el híbrido Impacto presentó mayor productividad, principalmente bajo fertilización NPK, alcanzando el mayor rendimiento con 8586 kg/ha.; seguido del tratamiento Impacto + guano de isla + KCl, con 7937 kg/ha.
3. Se concluye que el híbrido Impacto + NPK fue el tratamiento más rentable, con S/ 16 192.9 ha⁻¹ de utilidad bruta e índice de rentabilidad de 1.7. Sin embargo, Impacto + guano de isla + KCl también mostró rentabilidad favorable, con S/ 14 117.4 ha⁻¹ e índice de 1.5, constituyéndose como una alternativa viable económica y sosteniblemente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el híbrido Impacto en zonas agroecológicas similares a Pichari, debido a su mejor respuesta en precocidad, rendimiento y rentabilidad económica.
- Se sugiere aplicar fertilización NPK en el manejo del cultivo de maíz amarillo duro, ya que permitió alcanzar mejores resultados productivos y económicos.
- Se recomienda realizar análisis de suelo antes de la fertilización y validar los resultados en nuevas campañas agrícolas, a fin de ajustar las dosis y fortalecer la sostenibilidad del cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRORURAL. (2015). *Manual de abonamiento con guano de las islas propiedades y usos*. sub dirección de insumos y abonos. Lima.
- Ayvar-Serna, S., Díaz-Nájera, J. F., Vargas-Hernández, M., Mena-Bahena, A., Tejeda-Reyes, M. A., & Cuevas-Apresa, Z. (2020). Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 9–20.
<https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.507>
- Baque, L. (2011). *Efecto del abono orgánico Bokashi sobre el rendimiento productivo del maíz híbrido INIAP H-553*, en la granja experimental UNESUM–JRH del recinto Valle de Cantagallo.
<https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/220/1/UNESUM-ECU-ADMG-9.pdf>
- Barandiarán, G. (2020). *Manual Técnico del Cultivo de Maíz Amarillo Duro*. Programa Nacional de Investigación en Maíz del INIA.
- Barry, M., Triulzi, G., & Magee, C. L. (2017). *Food productivity trends from hybrid corn: Statistical analysis of patents and field-test data*. arXiv.
<https://arxiv.org/abs/1706.05911>
- Bertrán, C. (1992). *Nutrición de las Plantas y Fertilización en el Perú. Antares Tercer Mundo SA (Primera ed.)*, Perú.
- Chumpitaz, Q. (2018). “*Densidades de siembra y dos variedades de maíz amarillo duro (Zea mays L.) Con abono foliar en la localidad de la molina*”. Tesis de pregrado en Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Chuquiauri, Ch. (2020). *Efecto de la fertilización en el rendimiento del maíz híbrido amarillo duro Dekalb Dx 7088 (Zea Mays L.) en condiciones edafoclimáticas del Instituto Oleícola Frutícola de Cayhuayna*.
<https://repositorio.unheval.edu.pe/item/2d46a6b4-722e-4bfd-945c-768376c95745>
- Cieza Ruiz, I., Jara Calvo, T. W., Terrones Monteza, R., Figueroa Cobeñas, Y. C., & Valdera Cajusol, V. (2020). Características agronómicas, componentes de producción y rendimiento de grano de híbridos de maíz (*Zea mays*). *Manglar*, 17(3), 247–253.

- Cipriano, C. (2019). *La fertilización inorgánica en el rendimiento del maíz híbrido amarillo duro DEKALB DX 7088 (Zea mays L.) En condiciones edafoclimáticas de Canchán*. Tesis de pre grado de Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco.
<https://repositorio.unheval.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/e5d96dbe-7127-44ce-8fac-749c22c56a57/content>
- Cirilo, A. (2004). *Manejo de la densidad y distancia entre surcos en maíz*. Rev. iddiaXXI Síntomas de la enfermedad.
- Condeña, F. (2020). *Proyectos Agropecuarios. Identificación, Formulación y Evaluación*. Texto universitario. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho.
- De La Cruz (2016). *“Fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra de maíz amarillo duro (Zea mays L.) en la localidad de la Molina.”*, Tesis de pre grado de Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Espinoza, J., Aguilar, D., & Quispe, M. (2020). Evaluación de la rentabilidad económica de híbridos de maíz amarillo bajo diferentes fuentes de fertilización. *Revista de Producción Agropecuaria y Desarrollo Rural*, 7(2), 75–82.
<https://doi.org/10.22128/agrodesarrollorural.2020.07.02.075>
- Figuerola, S. (2003). *Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz*. México
- Hidalgo, M. (2013). *Manejo técnico del cultivo de maíz amarillo duro en la región San Martín*.
- In Folleto; n. 2-2013. Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA. León, J. (1987). *Botánica de los cultivos tropicales*. 2da. Edición IICA.
- Intriago, S. (2013). *Fertilización nitrogenada en dos híbridos de maíz (Zea mays) amarillo duro dk 1040 e iniap h-553 en el Empalme* (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/25cbe65c-b38d-411f-b4b6-cdea9bde4d0e/content>
- López, B. (2021). *Rendimiento y características morfológicas del cultivo de maíz (Zea mays L.) en respuesta a la fertiliza*.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5815/1/TL864.pdf>
- Machado, C. (2005). *Efecto del fraccionamiento de la fertilización NPK y de la aplicación de un bioestimulante foliar en el cultivo de maíz (Zea mays L.) cv. P-*

- 702 (No. F04 M334-T). Tesis de pregrado de Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía.
- Martínez-Gutiérrez, A., Zamudio-González, B., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Cardoso-Galvão, J. C., & Vázquez-Carrillo, M. G. (2022). Rendimiento de híbridos de maíz en respuesta a la fertilización foliar con bioestimulantes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(2), 289–302. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2782>
- Mejía, F., & Luyo, J. (2022). Análisis económico del uso de fertilizantes orgánicos y químicos en la producción de maíz amarillo duro. *Revista Agroindustrial Peruana*, 9(1), 22–30. <https://doi.org/10.35383/agroind.v9i1.2022.022>
- Mesías, M. (2015). *Fertilización química del híbrido de maíz (Zea mays L.) DEKALB 7088 en la zona de Ventanas* (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ). <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a075ccff-2347-4413-904f-c690334b96e8/content>
- Ministerio de Economía Y Finanzas (2014). *Guía general para identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública a, nivel de perfil*. Dirección General de Inversión Pública-DGIP. - SNIP Primera edición. Lima.
- Motato Alarcón, N. E., Pincay Menéndez, J. D., Avellán Chancay, M. C., Falcones Vélez, M. K., & Aveiga Villacis, E. C. (2015). Fertilización del híbrido experimental de maíz INIAP H-603, con base en la eficiencia agronómica del nitrógeno. *Revista ESPAMCIENCIA*, 6(1), 28–35.
- Noriega, N. (2001). *Siembra y abonamiento del maíz amarillo duro*. Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA.
- Paliwal, R. (2001). Usos del maíz. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Sarmiento M. & Castillo J. 1992. Plagas y enfermedades del maíz.
- Parkin, M. (2014). *Economía* (11.ª ed.). Pearson Educación.
- Pineda, R. (2015). *Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (Zea mays L.) en la localidad de Canaán-Ayacucho*. Tesis de pregrado de Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Robles García, E., & Matéu Mateo, W. (2018). Productividad de dos poblaciones de *Zea mays L.* (maíz amiláceo) de libre polinización, Chiara a 3100 msnm, Ayacucho 2017. *Investigación*, 26(1), 51–57.

- Rojas, E., Sánchez, G., & Palomino, L. (2021). Interacción genotipo-fertilización en el rendimiento económico del maíz en la región andina. *Ciencia y Tecnología Agraria*, 10(3), 110–118. <https://doi.org/10.17268/cta.v10i3.2021.110>
- Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (2010). *Economía* (19.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Sánchez, H. (2004). *Manual tecnológico del maíz amarillo duro y de buenas prácticas agrícolas para el Valle de Huaura*. Departamento de Lima.
- Servicio Agrícola y Ganadero. (s.f.). *Módulo 1: Morfología y fisiología del maíz*. Gobierno de Chile. <https://www.sag.gob.cl/cursos-de-semillas/modulo-1-morfologia-y-fisiologia-del-maiz>
- Tapia, Ll. (2015). *Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento del maíz amarillo duro híbrido triple dow 2b688 en condiciones edafoclimáticas de Pacapucro Churubamba*. Tesis de pregrado de Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco. <https://repositorio.unheval.edu.pe/item/3e3b11d9-0052-40ea-a214-adc9ece152f0>
- Vega, O. (2006). *Comportamiento de híbridos experimentales y comerciales de maíz (Zea mays L.) amarillo duro en condiciones de costa central* (No. F01 V43-T). Tesis de Pos grado de Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Zevallos, R. (1966). *Comportamiento de híbridos dobles de maíz en tres medios ambientes diferentes* (No. SB191. M2 Z4-T). Tesis de pre grado de Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú).

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996
Ayacucho – Perú
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Región : Cusco
Provincia : La Convención
Distrito : Pichari
Localidad : Parcela Experimental EPIAF – 562msnm
Proyecto : TESIS
Solicitante : Sr. Nilton Rúa Enciso

HR: 00418

ANALISIS DE CARACTERIZACION

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase Textural	pH (H ₂ O) 1:2.5	C. E. (dS/m.) 1:1	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)		Cationes cambiabiles (Cmol(+) / Kg)						C. I. C. (Cmol(+) / Kg)
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺	
01	50.7	28.4	20.9	Fr	6.81	0.31	0.0	1.18	0.06	10.4	112.6	4.96	3.60	0.57	0.64	0.0	0.0	11.6

Ayacucho, 03 de Enero del 2023.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE
Juan B. Giron Molina
C.I.P. 77120

Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenoso; Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso; FrAr: Franco arcillosos; FrArL: Franco arcillo limoso; ArAo: Arcillo arenoso; ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 ó en el extracto de la pasta de saturación (es).
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo; agua relación 1:2.5 ó en suspensión suelo: KCl 1N, relación 1:2.5
4. Calcáreo total (CaCO_3): método volumétrico o gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. $\% \text{M.O} = \% \text{C} \times 1.724$.
6. Nitrógeno total: método del semi micro- kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método Bray Kurtz I y método del Olsen modificado, extracción con $\text{NaHCO}_3 = 0.5\text{M}$, pH: 8.5
8. Potasio disponible: Extracción con Acetato de Sodio ($\text{CH}_3\text{-COONa}$)N, pH 4.8
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)N; pH: 7. Titulación con Formaldehído.
10. Ca^{+2} , Mg^{+2} , cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{-COONH}_4$)N; pH: 7.0, cuantificación por complexometría EDTA.
11. $\text{Al}^{+3} + \text{H}^+$: método de Yuan. Extracción con KCl N
12. Iones solubles:
 - a) Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
 - b) Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- solubles: volumetría y colorimetría, SO_4^{2-} turbidimetría con Cloruro de Bario.
 - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
 - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

Equivalencias:

1ppm = 1mg/kilogramo

1 milimho/cm (mmho/cm) = 1 deciSemens/metro

1 miliequivalente/ 100g = 1 cmol(+)/kg

Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes

CE (1:1) mmho/cm x 2 = CE (es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACIÓN

Salinidad	
Clasificación del Suelo	CE (es)
* muy ligeramente salino	< 2
* ligeramente salino	2 – 4
* moderadamente salino	4 – 8
* fuertemente salino	> 8

Reacción o pH	
Clasificación del Suelo	pH
* Fuertemente ácido	< 5.5
* Moderadamente ácido	5.6 – 6.0
* Ligeramente ácido	6.1 – 6.5
* Neutro	6.6 – 7.0
* Ligeramente alcalino	7.1 – 7.8
* Moderadamente alcalino	7.9 – 8.4
* Fuertemente alcalino	> 8.4

	Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible
Clasificación	%	ppm P	ppm K
* bajo	< 2.0	< 12.0	< 100
* medio	2 – 4	12.0 – 18.0	100 – 240
* alto	> 4.0	> 18.0	> 240

Relaciones Catiónicas			
Clasificación	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
* Normal	5 - 8	14 - 16	1.8 - 2.5
* Deficiencia Ca	< 5	< 14	
* Deficiencia K		> 16	> 2.5
* Deficiencia Mg	> 8		< 1.8

Distribución de Cationes %		% Calcáreo Total	
Ca^{+2}	60 – 75	< 1 %	Nivel bajo
Mg^{+2}	15 – 20	1 a 5 %	Nivel Medio
K^+	3 – 7	5 – 15 %	Nivel alto
Na^+	< 15	> 15 %	Nivel muy alto

Anexo 2. Costos de producción de los tratamientos

COSTO DE PRODUCCIÓN					
Tratamiento: T1					
Abonamiento	Guano de isla + cloruro de potasio				
Variedad de maíz amarillo	Hibrido Impacto				
Densidad de plantas / ha	27222	54444 plantas / ha			
Distanciamiento de siembra	0.90x0.50 m				
Descripción	Unid.	Cant.	Precio Unitario	Precio sub Total	Costo Total
			(S/.)	(S/.)	(S/.)
1. COSTOS DIRECTOS					
1.1 Labores Agronómicos					6180
Chaleo y Quema	Jor	15	70	1050	
Medición del área, hoyado y sembrado	Jor	10	50	500	
1er. Abonamiento	Jor	5	70	350	
2do. Abonamiento	Jor	5	70	350	
3er. Abonamiento	Jor	5	70	350	
Aplicación Insecticida Líquido	Jor	6	70	420	
Aporque y deshierbo	Jor	18	70	1260	
Arranque / despanque	Jor	15	60	900	
Desgrane	Jor	20	50	1000	
1.2 Adquisición de Insumos					5517.8
Aceite 2 tiempos	Unid.	7	3.5	24.5	
Gasolina 90 oct	Gal.	7	18.9	132.3	
Maíz amarillo hibrido Impacto	Kilos	17	63	1071	
Guano de isla	Sacos	49	60	2940	
Cloruro de potasio	Sacos	4	150	600	
Radigrow	Lit	1	120	120	
Fruitxl	Lit	1	240	240	
Cormoran.	Lit	1	160	160	
Carboxy Max	Lit	1	120	120	
Almagor	Lit	1	110	110	
2. COSTOS INDIRECTOS	Und.	Cant.	Cost. Und	Factor V.U	Total
2.1 Equipos y herramientas					140.4
Machete	Unid.	10	18	0.15	27
limador	Unid	5	18	0.1	9
Mochila fumigadora	Unid.	1	1800	0.058	104.4
2.2. Servicios					70
Muestra de análisis de suelo	Global	1	70	1	70
2.3. Imprevistos					250
Resumen: costos directos	11697.8	Cost Uni.	460.4	total	12158.2
Costo de producción por hectárea	0.22				

COSTO DE PRODUCCIÓN					
Tratamiento: T2					
Abonamiento	Nitrato de amonio				
Variedad de maíz amarillo	Hibrido Impacto				
Densidad de plantas / ha	27222	54444 plantas / ha			
Distanciamiento de siembra	0.90x0.50 m				
Descripción	Unid.	Cant.	Precio Unitario	Precio sub Total	Costo Total
			(S/.)	(S/.)	(S/.)
1. COSTOS DIRECTOS					
1.1 Labores Agronómicos					6180
Chaleo y Quema	Jor	15	70	1050	
Medición del área, hoyado y sembrado	Jor	10	50	500	
1er. Abonamiento	Jor	5	70	350	
2do. Abonamiento	Jor	5	70	350	
3er. Abonamiento	Jor	5	70	350	
Aplicación Insecticida Liquido	Jor	6	70	420	
Aporque y deshierbo	Jor	18	70	1260	
Arranque / despanque	Jor	15	60	900	
Desgrane	Jor	20	50	1000	
1.2 Adquisición de Insumos					5937.8
Aceite 2 tiempos	Unid.	7	3.5	24.5	
Gasolina 90 oct	Gal.	7	18.9	132.3	
Maíz amarillo hibrido Impacto	Kilos	17	63	1071	
Nitrato de amonio	Sacos	21	160	3360	
Fosfato di amónico	Sacos	4	180	720	
Cloruro de potasio	Sacos	4	150	600	
Radigrow	Lit	1	120	120	
Fruitxl	Lit	1	240	240	
Cormoran	Lit	1	160	160	
Carboxy Max	Lit	1	120	120	
Almagor	Lit	1	110	110	
2. COSTOS INDIRECTOS	Und.	Cant.	Cost. Und	Factor V.U	Total
2.1 Equipos y herramientas					140.4
Machete	Unid.	10	18	0.15	27
Limador	Unid	5	18	0.1	9
Mochila fumigadora	Unid.	1	1800	0.058	104.4
2.2. Servicios					70
Muestra de análisis de suelo	Global	1	70	1	70
2.3. Imprevistos					250
Resumen: costos directos	12117.8	Cost Uni.	460.4	total	12578.2
costo de producción por hectárea	0.23				

COSTO DE PRODUCCIÓN					
Tratamiento: T3					
Abonamiento	Guano de isla + cloruro de potasio				
Variedad de maíz amarillo	DK-7508				
Densidad de plantas / ha	27222	54444 plantas / ha			
Distanciamiento de siembra	0.90x0.50 m				
Descripción	Unid.	Cant.	Precio Unitario	Precio sub Total	Costo Total
			(S/.)	(S/.)	(S/.)
1. COSTOS DIRECTOS					
1.1 Labores Agronómicos					6180
Chaleo y Quema	Jor	15	70	1050	
Medición del área, hoyado y sembrado	Jor	10	50	500	
1er. Abonamiento	Jor	5	70	350	
2do. Abonamiento	Jor	5	70	350	
3er. Abonamiento	Jor	5	70	350	
Aplicación Insecticida Liquido	Jor	6	70	420	
Aporque y deshierbo	Jor	18	70	1260	
Arranque / despanque	Jor	15	60	900	
Desgrane	Jor	20	50	1000	
1.2 Adquisición de Insumos					5466.8
Aceite 2 tiempos	Unid.	7	3.5	24.5	
Gasolina 90 oct	Gal.	7	18.9	132.3	
Maíz amarillo DK-7508	Kilos	17	60	1020	
Guano de isla	Sacos	49	60	2940	
Cloruro de potasio	Sacos	4	150	600	
Radigrow	Lit	1	120	120	
Fruitxl	Lit	1	240	240	
Cormoran	Lit	1	160	160	
Carboxy Max	Lit	1	120	120	
Almagor	Lit	1	110	110	
2. COSTOS INDIRECTOS	Und.	Cant.	Cost. Und	Factor V.U	Total
2.1 Equipos y herramientas					140.4
Machete	Unid.	10	18	0.15	27
Limador	Unid	5	18	0.1	9
Mochila fumigadora	Unid.	1	1800	0.058	104.4
2.2. Servicios					70
Muestra de análisis de suelo	Global	1	70	1	70
2.3. Imprevistos					250
Resumen: costos directos	11646.8	Cost Uni.	460.4	total	12107.2
Costo de producción por hectárea	0.22				

COSTO DE PRODUCCION					
Tratamiento: T4					
Abonamiento	Nitrato de amonio				
Variedad de maíz amarillo	DK-7508				
Densidad de plantas / ha	27222	54444 plantas / ha			
Distanciamiento de siembra	0.90x0.50 m				
Descripción	Unid.	Cant.	Precio Unitario	Precio sub Total	Costo Total
			(S/.)	(S/.)	(S/.)
1. COSTOS DIRECTOS					
1.1 Labores Agronómicos					6180
Chaleo y Quema	Jor	15	70	1050	
Medición del área, hoyado y sembrado	Jor	10	50	500	
1er. Abonamiento	Jor	5	70	350	
2do. Abonamiento	Jor	5	70	350	
3er. Abonamiento	Jor	5	70	350	
Aplicación Insecticida Liquido	Jor	6	70	420	
Aporque y deshierbo	Jor	18	70	1260	
Arranque / despanque	Jor	15	60	900	
Desgrane	Jor	20	50	1000	
1.2 Adquisición de Insumos					5886.8
aceite 2 tiempos	Unid.	7	3.5	24.5	
gasolina 90 oct	Gal.	7	18.9	132.3	
Maíz amarillo DK-7508	Kilos	17	60	1020	
Nitrato de amonio	Sacos	21	160	3360	
Fosfato di amónico	Sacos	4	180	720	
Cloruro de potasio	Sacos	4	150	600	
Radigrow	Lit	1	120	120	
Fruitxl	Lit	1	240	240	
Cormoran.	Lit	1	160	160	
Carboxy Max	Lit	1	120	120	
Almagor	Lit	1	110	110	
2. COSTOS INDIRECTOS	Und.	Cant.	Cost. Und	Factor V.U	Total
2.1 Equipos y herramientas					140.4
Machete	Unid.	10	18	0.15	27
limador	Unid	5	18	0.1	9
Mochila fumigadora	Unid.	1	1800	0.058	104.4
2.2. Servicios					70
Muestra de análisis de suelo	Global	1	70	1	70
2.3. Imprevistos					250
Resumen: costos directos	12066.8	Cost Uni.	460.4	total	12527.2
Costo de producción por hectárea	0.23				

Anexo 3. Datos para el ANVA de las variables híbrido Impacto y DK -7508

Bloque	híbrido	abono	Altura	Altura	Longitud	Diámetro	Peso	Rend
			Planta	Mazorca	Mazorca	Mazorca	Mazorca	Grano
I	Impacto	GICLK	2.16	1.38	15.2	4.89	146.88	7898.6
II	Impacto	GICLK	2.02	1.40	15.8	4.51	147.38	8056.8
III	Impacto	GICLK	2.17	1.42	14.8	4.80	150.65	7856.6
I	Impacto	NPK	2.34	1.43	15.1	5.18	155.64	8256.9
II	Impacto	NPK	2.24	1.48	15.9	5.21	149.85	8820.0
III	Impacto	NPK	2.39	1.45	16.4	5.23	153.50	8683.9
I	DK7508	GICLK	2.23	1.24	16.3	4.67	139.50	7254.8
II	DK7508	GICLK	2.04	1.14	16.9	4.52	135.60	6897.6
III	DK7508	GICLK	2.35	1.25	16.7	4.67	137.70	7138.6
I	DK7508	NPK	2.25	1.28	16.5	4.85	140.60	7869.5
II	DK7508	NPK	2.25	1.35	16.8	4.75	142.60	7786.9
III	DK7508	NPK	2.18	1.32	17.1	4.81	140.60	7356.7

Los datos mostrados son promedios de 10 muestras de cada repetición. El rendimiento de grano de maíz al 14 % de humedad es la cosecha de toda la unidad experimental y llevado a kg por hectárea.

Anexo 4. Panel fotográfico



Foto 1. Prueba de emergencia



Foto 2. Abonamiento



Foto 3. Abonamiento



Foto 4. Preparación de fertilizantes



Foto 5. Guano de isla



Foto 6. Dosis de guano de isla por planta



Foto 7. Presencia de gusano cogollero de maíz



Foto 8. Presencia de gusano cogollero de maíz



Foto 9. Tratamiento 1 maíz híbrido Impacto guano de isla + CLP



Foto 10. Tratamiento 2 maíz híbrido Impacto NPK



Foto 11. Tratamiento 3 maíz híbrido DK – 7508 guano de isla + CLP



Foto 12. Tratamiento 4 maíz híbrido DK – 7508 NPK



Foto 13. Tratamiento 1 maíz híbrido Impacto guano de isla + CLP



Foto 14. Tratamiento 2 maíz híbrido Impacto NPK



Foto 15. Tratamiento 3 maíz híbrido DK – 7508 Guano de isla + CLP



Foto 16. Tratamiento 4 maíz híbrido DK – 7508 NPK



Foto 17. Comparación de mazorcas por tratamiento



Foto 18. Comparación de mazorcas por tratamiento



Foto 19. Conteo de semilla circular



Foto 20. Conteo de semillas



Foto 21. Peso de una mazorca

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. NILTON RUA ENCISO
R.D. N° 482-2025-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho, a los veintinueve días del mes de abril del año dos mil veintiséis, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por el Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa, Mtra. Susana Sabina Paco Espino como asesora, Ing. Eduardo Robles García y el Mtro. Ennio Chauca Retamozo; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Aplicación de abonos en la precocidad, productividad y rentabilidad económica de híbridos de Zea mays L. en parcela de E.P. Ingeniería Agroforestal, Pichari, Cusco 2022**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroforestal, presentado por el Bachiller **NILTON RUA ENCISO**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invitó a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa	13	12	12	12
Mtra. Susana Sabina Paco Espino	16	15	16	16
Ing. Eduardo Robles García	15	15	15	15
Mtro. Ennio Chauca Retamozo	14	14	15	14
PROMEDIO GENERAL				14

Acto seguido se invita al sustentante y público en general, para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa
Presidente


.....
Mtra. Susana Sabina Paco Espino
Asesora


.....
Ing. Eduardo Robles García
Jurado


.....
Mtro. Ennio Chauca Retamozo
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por Resolución Decanal N° 0213-2025-UNSCH-FCA; hace constar que el trabajo titulado;

Aplicación de abonos en la precocidad, productividad y rentabilidad económica de híbridos de Zea mays L. en parcela de E.P. Ingeniería Agroforestal, Pichari, Cusco 2022

Autor : Nilton RUA ENCISO

Asesor : Susana Sabina PACO ESPINO

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **diecinueve por ciento (19%)** de índice de similitud, realizado sin **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: **2996408396**

Ayacucho, 11 de julio de 2026

MSc. Carlos Orlando Huayhua Lobatón
Docente Instructor - EPIAF-FCA

Aplicación de abonos en la precocidad, productividad y rentabilidad económica de híbridos de Zea mays L. en parcela de E.P. Ingeniería Agroforestal, Pichari, Cusco, 2022

por Nilton Rua Enciso

Aplicación de abonos en la precocidad, productividad y rentabilidad económica de híbridos de Zea mays L. en parcela de E.P. Ingeniería Agroforestal, Pichari, Cusco, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

2

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4

repositorio.undac.edu.pe

Fuente de Internet

5

repositorio.unu.edu.pe

Fuente de Internet

6

repositorio.inia.gob.pe

Fuente de Internet

7

repositorio.unica.edu.pe

Fuente de Internet

8

repositorio.unaaa.edu.pe

Fuente de Internet

9

1library.co

Fuente de Internet

10

Montserrat Blasco, Conxita Barbeta, Paloma Amil, Cristina Rojals et al. "Del diagnóstico la acción: situación de partida y despliegue universal de la atención integrada en las residencias de personas mayores de Cataluña", Revista Española de Geriatria y Gerontología, 2026

Publicación

11

agroquimicos-organicosplm.com

Fuente de Internet

12

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

13

orton.catie.ac.cr

Fuente de Internet

14 www.syngenta.com.mx
Fuente de Internet

15 repositorio.lamolina.edu.pe
Fuente de Internet

16 www.coursehero.com
Fuente de Internet

17 Submitted to Universidad Nacional de Moquegua
Trabajo del estudiante

18 repositorio.unprg.edu.pe
Fuente de Internet

19 repositorio.unab.edu.pe
Fuente de Internet

20 docplayer.es
Fuente de Internet

21 repositorio.uteq.edu.ec
Fuente de Internet

22 sci-platform.org
Fuente de Internet

23 Submitted to Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC
Trabajo del estudiante

Excluir citas
Excluir bibliografía

Activo
Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Aplicación de abonos en la precocidad, productividad y rentabilidad económica de híbridos de *Zea mays* L. en parcela de E.P. Ingeniería Agroforestal, Pichari, Cusco 2022

Nilton Rua Enciso¹

: nilton.rua.28@unsch.edu.pe

Susana Sabina Paco Espino²

: susana.paco@unsch.edu.pe

Áreas de investigación

: Medio Ambiente

Línea de investigación

: Sistemas de Producción Agrícola

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro experimental de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal, ubicada en el distrito de Pichari, Cusco, tuvo como objetivo evaluar la influencia de la aplicación de abonos en la precocidad, productividad y rentabilidad económica de híbridos de maíz (*Zea mays* L), el estudio se desarrolló bajo un Diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA), con arreglo factorial de dos híbridos de maíz (h1: Impacto; h2: DK-7508) y dos fuentes de abonamiento (f1: guano de isla + KCl; f2: fertilización NPK), generando cuatro tratamientos con tres repeticiones, que constituyeron un total de 12 unidades experimentales. Los resultados evidenciaron que el híbrido Impacto bajo fertilización NPK presentó el mayor rendimiento, alcanzando 8586 kg/ha., seguido del tratamiento Impacto con guano de isla + KCl, con 7937 kg/ha. En cuanto a la precocidad, el híbrido Impacto registró menores días a la emergencia, floración y madurez fisiológica en comparación con el híbrido DK-7508. En términos económicos, el tratamiento Impacto + NPK alcanzó el mayor índice de rentabilidad (1.7), con una utilidad bruta de S/ 16 192.9 ha⁻¹, mientras que el tratamiento Impacto + guano de isla + KCl presentó un índice de 1.5, con utilidad bruta de S/ 14 117.4 ha⁻¹. Concluyendo que la aplicación de abonos influye significativamente en la precocidad, productividad y rentabilidad del cultivo, destacando el híbrido Impacto con fertilización NPK como la alternativa más eficiente en las condiciones agroecológicas de Pichari.

Palabras clave: *Zea mays* L., abonamiento, precocidad, productividad, rentabilidad. y rentabilidad.

Effect of fertilizer application on the earliness, productivity, and economic profitability of *Zea mays* L. hybrids at the Agroforestry Engineering Program experimental plot, Pichari, Cusco, 2022

ABSTRACT

This research was conducted at the experimental center of the Professional School of Agroforestry Engineering, located in the Pichari district of Cusco. The study aimed to evaluate the influence of fertilizer application on the earliness, productivity, and economic profitability of maize hybrids (*Zea mays* L.). It employed a Randomized Complete Block Design (RCBD) with a factorial arrangement involving two maize hybrids (h1: Impacto; h2: DK-7508) and two fertilizer sources (f1: island guano + KCl; f2: NPK fertilization), resulting in four treatments with three replications, for a total of 12 experimental units. The results showed that the Impacto hybrid under NPK fertilization achieved the highest yield (8,586 kg/ha), followed by the Impacto hybrid treated with island guano + KCl (7,937 kg/ha). Regarding earliness, the Impacto hybrid recorded fewer days to emergence, flowering, and physiological maturity compared to the DK-7508 hybrid. In economic terms, the Impacto + NPK treatment achieved the highest profitability index (1.7), with a gross profit of S/ 16,192.9 ha⁻¹, whereas the Impacto + island guano + KCl treatment showed an index of 1.5, with a gross profit of S/ 14,117.4 ha⁻¹. It is concluded that fertilizer application significantly influences crop earliness, productivity, and profitability, with the Impacto hybrid combined with NPK fertilization standing out as the most efficient alternative under the agroecological conditions of Pichari.

Keywords: *Zea mays* L., fertilization, earliness, productivity, profitability.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz amarillo duro *Zea mays* L. constituye un cultivo de alta importancia socioeconómica en el Perú, debido a su amplio uso en la alimentación humana y animal. En el Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM), este cultivo se desarrolla bajo condiciones agroecológicas favorables, permitiendo incluso la obtención de hasta dos campañas agrícolas al año.

En los últimos años, la introducción de híbridos de maíz ha representado una alternativa tecnológica orientada a mejorar el rendimiento, la adaptabilidad y la resistencia

del cultivo. Sin embargo, en el ámbito del VRAEM, la producción de maíz amarillo duro aún presenta limitaciones asociadas principalmente al manejo agronómico, especialmente en lo referente al uso adecuado de la fertilización.

El problema central se manifiesta en la baja precocidad, productividad y rentabilidad del cultivo de maíz amarillo duro en el Centro Experimental de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal del distrito de Pichari, así como en el ámbito regional. Esta situación se atribuye al uso inadecuado de fuentes de abonamiento, tanto orgánicas como inorgánicas, así como a la limitada planificación de las labores agronómicas en cultivos con híbridos recientemente introducidos.

Como consecuencia, se presentan deficiencias en los rendimientos productivos, ausencia de registros técnicos y económicos, así como bajos ingresos para los productores, lo que limita el desarrollo sostenible del cultivo en la zona.

En este contexto, se planteó la presente investigación titulada: “Aplicación de abonos en la precocidad, productividad y rentabilidad económica de híbridos de maíz *Zea mays* L, Pichari, Cusco 2022”, con el propósito de evaluar el efecto del abonamiento en el comportamiento agronómico y económico del cultivo.

Para ello, se emplearon fuentes de abonamiento como guano de isla y fertilización NPK, previa determinación del análisis de suelo, con el fin de establecer dosis adecuadas que permitan optimizar el rendimiento y la rentabilidad del cultivo.

Con el trabajo de investigación se pretende mejorar la precocidad, productividad y rentabilidad de maíz amarillo duro, los resultados obtenidos de la investigación se harán conocer a los productores del distrito de Pichari, el uso de fuentes de abonos en el abonamiento de plantas que sustancialmente mejorará la productividad del cultivo de maíz amarillo duro, con lo que se pretende dar la solución al problema identificado.

Objetivo general

Evaluar la influencia de la aplicación de abonos en la precocidad, productividad y rentabilidad de híbridos de *Zea mays* L. en el centro experimental de la EPIAF Ingeniería Agroforestal, Pichari, Cusco 2022.

Objetivos específicos

1. Evaluar la influencia de la aplicación de abonos en la precocidad del cultivo de híbridos de maíz.
2. Evaluar la influencia de la aplicación de abonos en la productividad del cultivo de híbridos de maíz.
3. Evaluar la influencia de la aplicación de abonos en la rentabilidad económica del cultivo de híbridos de maíz.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción del área en estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro experimental de Pichari de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Escuela profesional de Ingeniería Agroforestal propiedad de la Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, ubicado en el distrito de Pichari, provincia de La Convención del departamento de Cusco, localizado a una altitud de 510 m s.n.m a una latitud sur de 12° 31' 64.20" y con longitud oeste de 73° 50' 30.40".

2.2. Variables e indicadores

2.2.1. Variable independiente

- Aplicación de abonos

2.2.2. Variable dependiente

- Precocidad, productividad y rentabilidad económica del cultivo de híbridos de maíz

2.3. Factores en estudio

2.3.1. Híbridos de maíz (H)

h1: Maíz híbrido IMPACTO (Syngenta)

h2: Maíz híbrido DK-7508: (Monsanto)

2.3.2. Aplicación de abonos (F)

f1: Guano de isla - cloruro de potasio (KCl)

f2: NPK (nitrato de amonio – fosfato di amónico – cloruro de potasio)

2.4. Descripción de los tratamientos en estudio

Tabla 2.1

Combinación y descripción de tratamientos en estudio

Trat.	Código	Híbridos de maíz	Aplicación de abonos
T1	h1a1	h1: Híbrido Impacto	a1: Guano de isla + Cloruro de potasio
T2	h1a2	h1: Híbrido Impacto	a2: NPK
T3	H2a1	h2: Híbrido DK-7508	a1: Guano de isla + Cloruro de potasio
T4	h2a2	h2: Híbrido DK-7508	a2: NPK

Nota: No existe un ensayo en la zona con fuentes de abonos en cultivo de maíz amarillo.

2.5. Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se estableció bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial 2×2 (dos híbridos $\times$ dos fuentes de abonamiento), generando cuatro tratamientos, cada uno con tres repeticiones, conformando un total de 12 unidades experimentales. La unidad experimental tuvo 54 m² (largo, 10 metros y ancho, 5.4 metros, distribuido a 90 cm entre surcos y 50 cm entre golpes de semilla (2).

2.6. Materiales, equipos e insumos

2.6.1. Materiales y equipos

- Maíz amarillo híbrido Impacto
- Maíz amarillo híbrido DK-7508
- Cámara digital
- Computadora
- Vernier
- Flexómetro
- Balanza digital

2.6.2. Insumos

- Nitrato de amonio
- Fosfato diamónico
- Cloruro de potasio
- Guano de isla
- Insecticidas (Cormoran, Emiufon 500 W, Fipromil y tión líquido)
- Fungicidas (Almagor, Attliete, fitoklin)
- Abonos foliares (carboxy max, packhard, RadiGrow xl, Oligomix)

2.6.3. Otros

- Libreta de campo
- Bolígrafos
- Cordel
- Baner
- Plumones
- Engrapadoras y grapas
- Cinta de embalaje

2.7. Parámetros de evaluación

En la evaluación del ensayo se consideró los parámetros técnicos durante el manejo agronómico del cultivo de maíz amarillo duro para evaluar la precocidad, productividad y rentabilidad económica.

2.7.1. Componentes de precocidad

Días de emergencia (días)

Días a la floración (días)

Días a madurez fisiológica (días)

2.7.2. Componente de productividad

Altura de planta (cm)

Longitud de mazorca (cm)

Diámetro de mazorca (cm)

Número de mazorcas por hectárea (und.)

Peso de grano por planta (gr)

Rendimiento en grano (kg/ha.)

2.7.3. Rentabilidad económica

- a) Costos de producción (S/x ha)
- b) Ingresos por ventas (S/ x ha)
- c) Valor bruto de producción (S/.x ha)
- d) Utilidad neta (S/ x ha)
- e) Rentabilidad económica

2.8. Procesamiento de la información

Las informaciones de la precocidad y productividad de híbridos de maíz se cuantificarán sobre la base del análisis estadístico de los parámetros evaluados del ensayo, realizando las pruebas de análisis de variancia (ANVA) y las pruebas de Tukey ($P = 0.05$) para determinar la diferencia significativa entre los tratamientos estudiados. Para rentabilidad económica se elaborará la estructura de costos, los ingresos y la aplicación de los indicadores económicos financieros.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Días de emergencia

Tabla 3.1

Análisis de Variancia de días a la emergencia de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

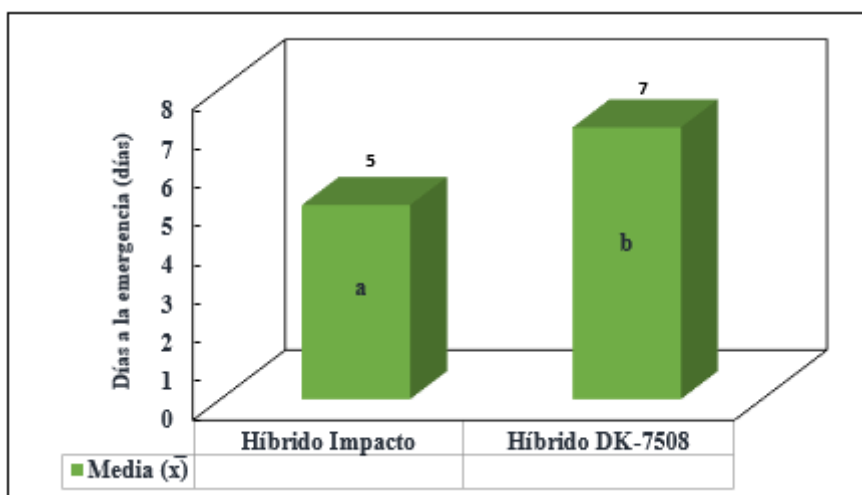
F.V.	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	0.5	0.25	1.8	0.2441ns
Híbrido (H)	1	12	12	86.4	0.0001**
Abono (A)	1	0.33	0.33	2.4	0.1723ns
Híbrido x Abono (HxA)	1	0.33	0.33	2.4	0.1723ns
Error	6	0.83	0.14		
Total	11	14			

CV (%) = 6.21

En la tabla 3.1. del ANVA realizado para la variable días a la emergencia se observó alta significación estadística en los híbridos. Entonces hay evidencia suficiente para sustentar la aseveración de que las medias no son iguales. Se usó la prueba Tukey para saber cuáles son las medias que difieren una de otras ya que con base en la prueba del ANVA, no concluimos que alguna media en particular sea distinta de la otra. El coeficiente de variación es una medida de buena precisión.

Figura 3.1

Prueba de Tukey para días a la emergencia de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



En la figura 3.1. se observa la prueba de Tukey gráfica al 95% de confianza, para el factor Híbrido (H) donde la media de 5 días corresponde al cultivar Híbrido Impacto el cual muestra un menor tiempo en la emergencia que el híbrido DK-7508

Estos resultados sugieren que el híbrido Impacto posee un mayor vigor inicial, lo cual podría deberse tanto a sus características genéticas como a una mejor respuesta fisiológica frente a los tratamientos aplicados. Según Salinas et al. (2018), los híbridos con mayor tasa de germinación tienden a tener una emergencia más uniforme, lo cual mejora la competencia con malezas y favorece un desarrollo inicial más robusto.

Asimismo, la combinación de guano de isla + cloruro de potasio, al aportar nutrientes orgánicos y potasio de rápida disponibilidad, pudo haber generado condiciones óptimas para una emergencia más temprana, especialmente en suelos de textura media. En esta línea, Huamán et al. (2019) reportaron que la aplicación de fertilizantes orgánicos en combinación con fuentes minerales mejora la estructura del suelo, aumenta la disponibilidad de nutrientes y acelera la emergencia del maíz.

Por otro lado, el comportamiento menos favorable del híbrido DK-7508 podría deberse a una menor adaptación inicial a las condiciones edáficas locales o a una menor eficiencia en la absorción de nutrientes en las fases tempranas. Esto coincide con lo señalado por Rodríguez & Peña (2020), quienes observaron que algunos híbridos comerciales de maíz muestran diferencias significativas en su tiempo de emergencia dependiendo del manejo nutricional y las características del sustrato.

3.2. Días de floración masculina

Tabla 3.2

Análisis de Variancia de días a la floración masculina de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

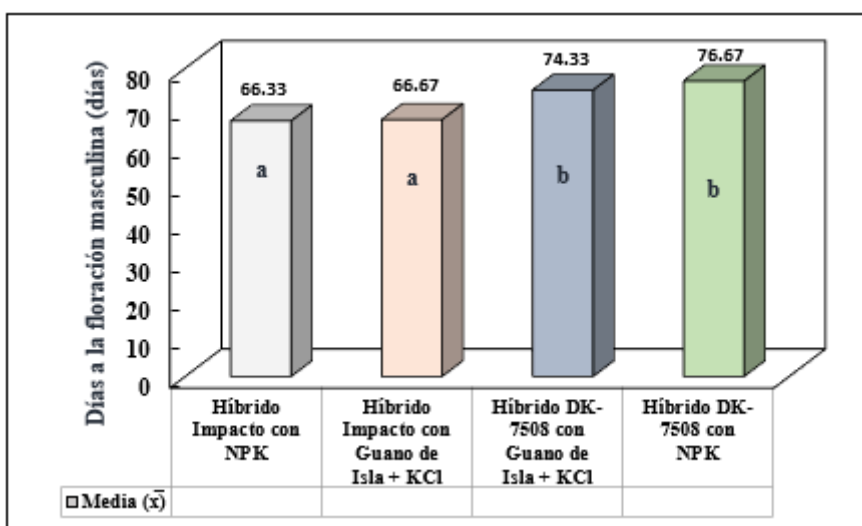
F.V.	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	19.5	9.75	11.32	0.0092**
Híbrido (H)	1	243	243	282.19	<0.0001**
Abono (A)	1	3	3	3.48	0.1112ns
Híbrido x Abono (HxA)	1	5.33	5.33	6.19	0.0472*
Error	6	5.17	0.86		
Total	11	276			

CV (%) = 7.32

En la tabla 3.2. del ANVA realizado para la variable días a la floración masculina, se observa al nivel de significancia $\alpha = 0.05$, en la interacción Híbrido x Abono (HxA) con ($P = 0.0472$). Entonces hay evidencia suficiente para sustentar la aseveración de que las medias no son iguales. Se usó la prueba Tukey para saber cuáles son las medias que difieren una de otras ya que con base en la prueba del ANVA. El coeficiente de variación es una medida de buena precisión. El coeficiente de variación es una medida de buena precisión.

Figura 3.2

Prueba de Tukey para días a la floración masculina de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



En la figura 3.2. se observa la prueba de Tukey gráfica al 95% de probabilidad para los dds a la inflorescencia masculina, dentro de la interacción Híbrido x Abono (HxA) donde las medias 66.33 y 66.67 correspondientes al cultivar Impacto con un tratamiento de NPK y Guano de Isla + KCl respectivamente son superiores estadísticamente a los demás

tratamientos. Lo cual nos indica que si queremos obtener menores días para la floración debemos usar la variedad Impacto independientemente del tratamiento.

Estos resultados sugieren que el híbrido Impacto posee una mayor precocidad genética, lo cual puede ser ventajoso en zonas donde los ciclos productivos son limitados por la disponibilidad de agua o el riesgo de heladas. Según Martínez et al. (2020), los híbridos de ciclo intermedio o precoz presentan ventajas agronómicas en sistemas agrícolas de rotación corta o en regiones con periodos de cultivo restringidos.

Además, tanto el tratamiento con NPK como el guano de isla + KCl ofrecieron condiciones nutricionales adecuadas para el desarrollo del cultivo, favoreciendo una floración temprana en el híbrido Impacto. Tal como lo señalan Gonzales & Herrera (2019), el nitrógeno estimula el desarrollo foliar inicial, mientras que el fósforo es fundamental para la diferenciación floral, y el potasio interviene en el transporte de foto asimilados hacia los órganos reproductivos.

La respuesta más tardía del híbrido DK-7508 podría atribuirse a una menor eficiencia en el uso de nutrientes o a un patrón genético de floración más tardía. Según lo indicado por Chura et al. (2018), las diferencias entre híbridos en cuanto a días a floración están influenciadas por factores genéticos, el manejo nutricional y las condiciones ambientales.

3.3. Días a la madurez fisiológica

Tabla 3.3

Análisis de Variancia de días a la madurez fisiológica de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

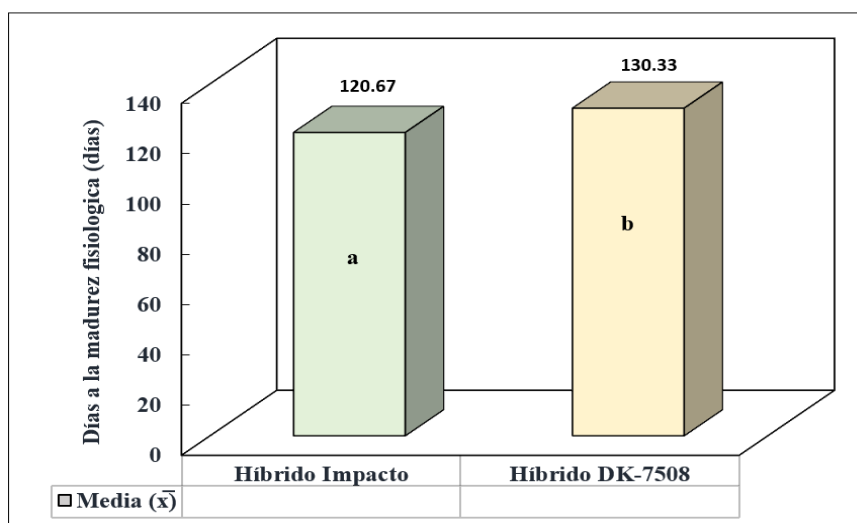
F.V.	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	2	9.5	4.75	4.89	0.0551ns
Híbrido (H)	1	280.33	280.33	288.34	<0.0001**
Abono (A)	1	3	3	3.42	0.1113ns
Híbrido x Abono (HxA)	1	1.33	1.33	1.37	0.286ns
Error	6	5.83	0.97		
Total	11	297			

CV (%) = 7.26

En la tabla 3.3. del ANVA realizado para la variable días a la madurez fisiológica se observa una alta significación estadística para variedades. Entonces hay evidencia suficiente para sustentar la aseveración de que las medias no son iguales. Se usó la prueba Tukey para saber cuáles son las medias que difieren una de otras ya que con base en la prueba del ANVA, no concluimos que alguna media en particular sea distinta de la otra.

Figura 3.3

Prueba de Tukey para días a la madurez fisiológica de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



En la figura 3.3. se observa la prueba de Tukey gráfica al 95% de confianza, para el factor Híbrido (H) donde la media de 120.67 días corresponde al cultivar Híbrido impacto el cual es superior estadísticamente al Híbrido DK 7508. Lo cual nos indica que si queremos obtener una madurez al estado fisiológico más temprana debemos usar el Híbrido impacto en nuestra siembra.

Esta diferencia de 10 días entre ambos híbridos resulta relevante desde un punto de vista agronómico y económico, ya que una madurez más temprana permite liberar antes el terreno para una segunda campaña, reduce la exposición a riesgos climáticos adversos al final del ciclo, y disminuye la presión de plagas y enfermedades tardías. Tal como señalan Paredes et al. (2017), los híbridos precoces son particularmente ventajosos en zonas de ceja de selva o altitudes intermedias donde las ventanas de cultivo son limitadas por la estacionalidad de las lluvias.

La madurez anticipada del híbrido Impacto también podría deberse a su interacción favorable con los tratamientos aplicados (NPK y guano de isla + KCl), que ofrecieron una adecuada disponibilidad de nutrientes clave como nitrógeno y potasio, esenciales para acelerar los procesos metabólicos de llenado de grano y senescencia foliar. En este sentido, Zevallos (2019) destacan que el potasio regula el transporte de azúcares hacia el grano, favoreciendo su maduración uniforme.

Por otro lado, el comportamiento más tardío del híbrido DK-7508 estaría relacionado con su constitución genética, dado que los híbridos de mayor porte vegetativo y biomasa aérea tienden a tener ciclos más largos. De acuerdo con Sánchez et al. (2021), los híbridos

con maduración más prolongada pueden alcanzar rendimientos altos, pero también conllevan mayores riesgos agronómicos si no están bien sincronizados con el entorno climático.

3.4. Altura de planta

Tabla 3.4

Análisis de Variancia de la altura de planta de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

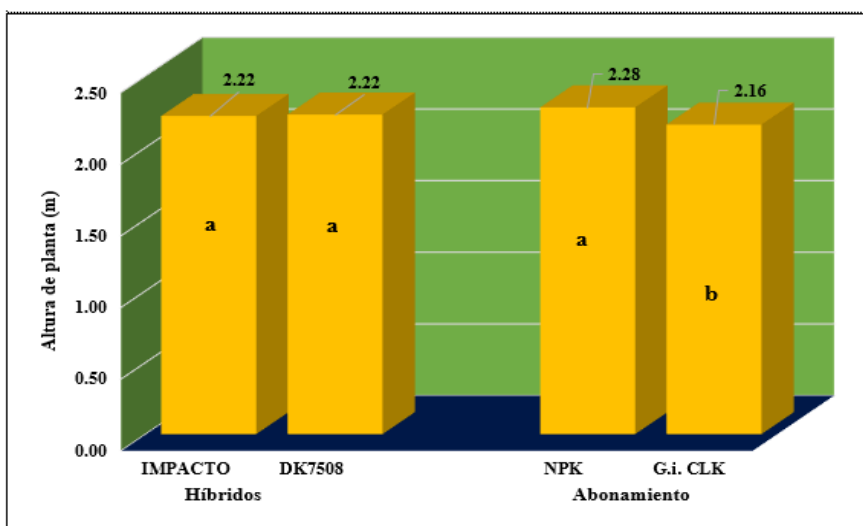
F. V.	G.L.	S.C	C.M	Fc	P< Fc
Bloque	2	0.04	0.02	3.29	0.1086 ns
Híbrido (H)	1	0.0033	0.0033	0.01	0.9439 ns
Abono (A)	1	0.04	0.04	6.22	0.0469 *
Inter (HxA)	1	0.03	0.03	4.22	0.0857 ns
Error	6	0.04	0.01		
Total	11	0.14			

C.V. = 3.55 %

En la tabla 3.4 del ANVA realizado para la variable altura de planta se observa que significación estadística para abonos. Resultado que permite la prueba de Tukey para saber cuáles son las medias que difieren una de otras. El coeficiente de variación indica buena precisión del experimento.

Figura 3.4

Prueba de Tukey de la altura de planta de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



En la figura 3.4 se observa la prueba de Tukey de la altura de planta, gráfica al 95% de confianza, para el efecto principal formas de abonamiento, donde la fertilización NPK supera estadísticamente al abonamiento Guano de Isla con KCl, Esta superioridad es con un valor de 2.28 m. Numéricamente también indica que el híbrido impacto es de mayor altura.

Estos resultados muestran que el híbrido Impacto tiene un mayor potencial de desarrollo vegetativo, especialmente cuando se le suministra una fuente de fertilización NPK, pero no descuidar el abonamiento orgánica enriquecida con potasio. Según Gonzales et al. (2021), el guano de isla proporciona no solo nitrógeno y fósforo de liberación lenta, sino también microorganismos benéficos y materia orgánica que mejoran la estructura y actividad biológica del suelo, contribuyendo al crecimiento aéreo de las plantas.

Asimismo, el cloruro de potasio (KCl) mejora la turgencia celular, la elongación de tejidos y el transporte de fotoasimilados, lo que explica su impacto positivo en la altura del cultivo. En línea con ello, Zambrano et al. (2019) reportaron incrementos significativos en la altura de plantas de maíz cuando se utilizó potasio como complemento nutricional en suelos de mediana fertilidad.

Por otro lado, la diferencia observada entre híbridos sugiere una fuerte influencia genética. El híbrido Impacto mostró mayor altura que el DK-7508 en ambos tratamientos, lo cual coincide con estudios de Rodríguez y Medina (2018), quienes concluyeron que las diferencias varietales en la altura de planta responden tanto a la genética como a la interacción con el ambiente y la fertilización.

3.5. Altura a la mazorca

Tabla 3.5

Análisis de Variancia de la altura a la mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

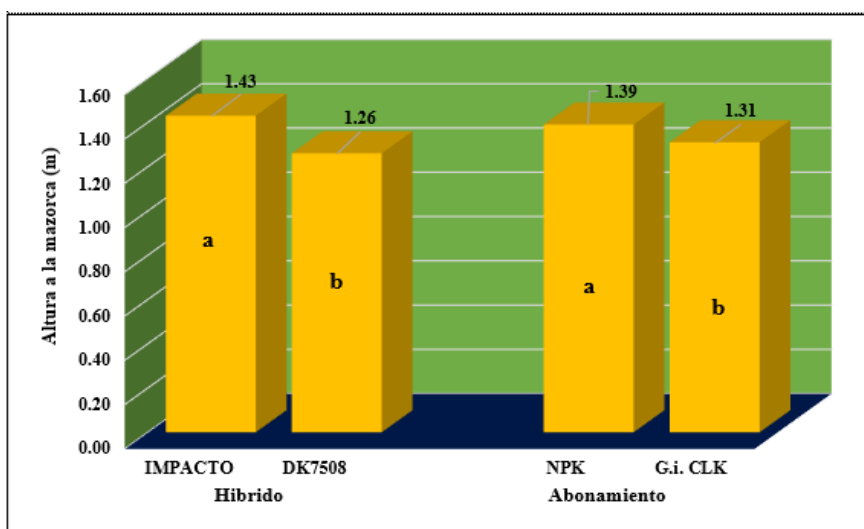
F.V.	G.L.	S.C	C.M	Fc	P< Fc
Bloque	2	0.0016	0.00078	0.45	0.6888 ns
Híbrido (H)	1	0.08	0.08	46.25	0.0005 **
Abono (A)	1	0.02	0.02	11.09	0.0158 *
Inter (HxA)	1	0.0021	0.021	1.23	0.3094 ns
Error	6	0.01	0.0017		
Total	11	0.11			

C.V. = 3.09 %

La tabla 3.5 del ANVA muestra la existencia de la significación estadística en los híbridos y abonos en forma independiente, resultado que permite el análisis de la prueba de Tukey para detectar la diferencia existente. El coeficiente de variación explica buena precisión de los datos del experimento.

Figura 3.5

Prueba de Tukey de la altura a la mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



La figura 3.5 de la prueba de Tukey de la altura de planta a la mazorca de los híbridos y las fuentes de abonamiento, diferencia estadística en los efectos principales, donde el híbrido Impacto y el factor de la fertilización NPK son los de mayor altura de planta a la mazorca

Estos resultados muestran que el híbrido Impacto tiene un mayor potencial de desarrollo vegetativo, especialmente cuando se le suministra una fuente de fertilización orgánica enriquecida con potasio. Según Gonzales et al. (2021), el guano de isla proporciona no solo nitrógeno y fósforo de liberación lenta, sino también microorganismos benéficos y materia orgánica que mejoran la estructura y actividad biológica del suelo, contribuyendo al crecimiento aéreo de las plantas.

Asimismo, el cloruro de potasio (KCl) mejora la turgencia celular, la elongación de tejidos y el transporte de fotoasimilados, lo que explica su impacto positivo en la altura del cultivo. En línea con ello, Zambrano et al. (2019) reportaron incrementos significativos en la altura de plantas de maíz cuando se utilizó potasio como complemento nutricional en suelos de mediana fertilidad.

Por otro lado, la diferencia observada entre híbridos sugiere una fuerte influencia genética. El híbrido Impacto mostró mayor altura que el DK-7508 en ambos tratamientos, lo cual coincide con estudios de Rodríguez y Medina (2018), quienes concluyeron que las diferencias varietales en la altura de planta responden tanto a la genética como a la interacción con el ambiente y la fertilización.

3.6. Longitud de mazorca

Tabla 3.6

Análisis de Variancia de la longitud de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

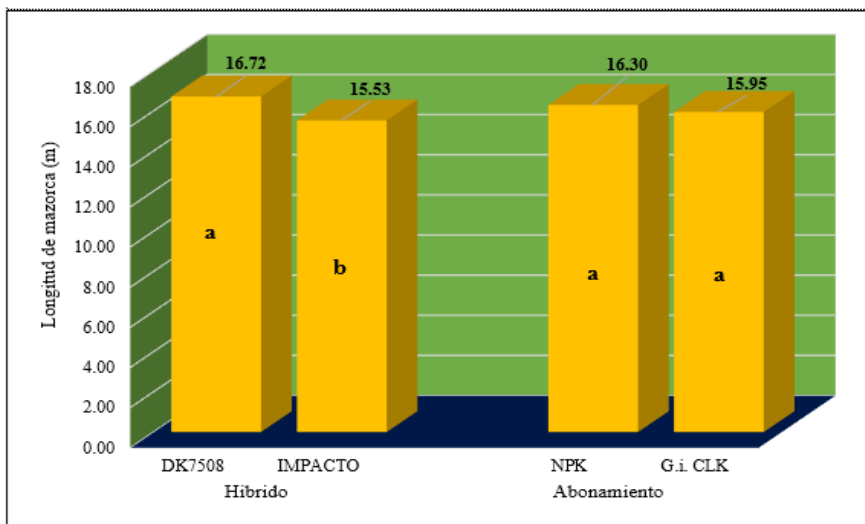
F. V.	G.L.	S.C	C.M	Fc	P< Fc
Bloque	2	0.76	0.38	2.32	0.1798 ns
Híbrido (H)	1	4.20	4.20	25.76	0.0023 **
Abono (A)	1	0.37	0.37	2.25	0.1840 ns
Inter (HxA)	1	0.10	0.10	0.62	0.4616 ns
Error	6	0.98	0.16		
Total	11	6.40			

C.V. = 2.50 %

En la tabla 3.5. del ANVA realizado para la variable longitud de mazorca se observa alta significación estadística para la fuente de variación híbridos Entonces hay evidencia suficiente para sustentar la aseveración de que las medias no son iguales. Se usó la prueba de Tukey para saber cuáles son las medias que difieren una de otras ya que con base en la prueba del ANVA, no concluimos que alguna media en particular sea distinta de la otra. El coeficiente de variación es medida de buena precisión.

Figura 3.6

Prueba de Tukey de la longitud de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



En la figura 3.6 se observa la prueba de Tukey gráfica al 95% de Probabilidad para el factor Híbrido donde la media de 16.72 cm corresponde al cultivar Impacto en promedio de cualquier fertilizante y es superior estadísticamente a los demás tratamientos. Lo que nos indica que si queremos obtener mayor longitud de mazorca debemos usar la variedad impacto y abonarlo con Guano de Isla + KCl.

La longitud de la mazorca es un indicador clave de la productividad del maíz, ya que guarda estrecha relación con el número de hileras de granos y, por ende, con el rendimiento total. En la presente investigación, se observó que el híbrido Impacto con aplicación de guano de isla + KCl alcanzó la mayor longitud de mazorca con 22.53 cm, siendo estadísticamente superior a todos los demás tratamientos. Le siguieron en orden decreciente: Impacto con NPK (20.67 cm), DK-7508 con guano de isla con KCl (19.4 cm) y DK-7508 con NPK (18.67 cm).

Este resultado resalta tanto la eficiencia del híbrido Impacto en el aprovechamiento de los nutrientes disponibles como la eficacia agronómica del guano de isla en combinación con potasio. Según Ríos et al. (2020), la aplicación de abonos orgánicos ricos en fósforo y nitrógeno, como el guano de isla, estimula el desarrollo radicular, lo cual mejora la absorción de agua y nutrientes, impactando en sus estructuras reproductivas como la mazorca.

Asimismo, el aporte de potasio mediante KCl fortalece los procesos de llenado de grano y alargamiento del eje de la mazorca, lo que también explicaría el incremento en la longitud observada. Este hallazgo coincide con lo reportado por Medina et al. (2018), quienes encontraron que tratamientos con potasio en híbridos de maíz aumentaron significativamente la longitud de las mazorcas en comparación con fertilizantes convencionales.

3.7. Diámetro de mazorca

Tabla 3.7

Análisis de Variancia del diámetro de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

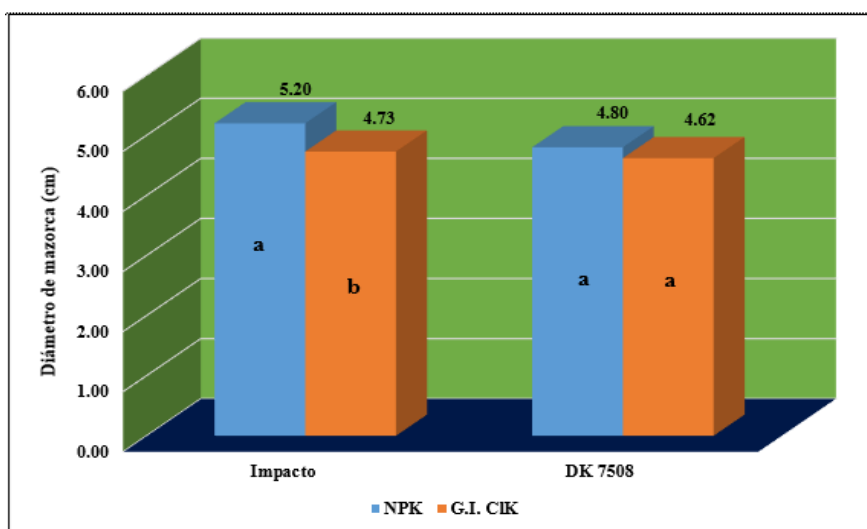
F. V.	G.L.	S.C	C.M	Fc	P< Fc
Bloque	2	0.05	0.03	3.38	0.1041 ns
Híbrido (H)	1	0.20	0.20	25.49	0.0023 **
Abono (A)	1	0.32	0.32	41.17	0.0007 ns
Inter (HxA)	1	0.06	0.06	0.03	0.0298 *
Error	6	0.05	0.01		
Total	11	0.69			

C.V. = 1.83 %

En la tabla 3.7. del ANVA realizado para la variable diámetro de mazorca se observa significación estadística a la interacción, Híbrido x Abono (HxA). Entonces hay evidencia suficiente para sustentar la aseveración de que las medias no son iguales. Se usó la prueba de Tukey de los efectos simples para saber cuáles son las medias que difieren una de otras ya que, con base en la prueba no concluimos que alguna media en particular sea distinta de la otra. El coeficiente de variación es una medida de buena precisión del experimento.

Figura 3.7

Prueba de Tukey de diámetro de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



En la figura 3.7 se observa la prueba de Tukey gráfica al 95% de confianza, para el factor Híbrido x Abono (HxA) donde la media de 5.20 cm corresponde al cultivar Híbrido Impacto con abonamiento NPK superando estadísticamente cuando se aplica Guano de Isla con Cloruro de potasio, el híbrido DK- 7508 no guardan diferencia estadística con el abonamiento de NPK

El diámetro de mazorca es un parámetro morfológico directamente relacionado con el tamaño y uniformidad del grano, así como con el rendimiento por planta. En este estudio, el híbrido Impacto con el abonamiento NPK registró el mayor diámetro de mazorca con 5.20 cm, seguido por el mismo híbrido con Guano de Isla con CIK. Ambos fueron estadísticamente superiores al híbrido DK-7508

Estos resultados evidencian una doble influencia: el efecto del manejo nutricional y la capacidad genética del híbrido. El abonamiento NPK, al ser una fuente inorgánica de fácil asimilación rica en nitrógeno, fósforo y potasio, promueve el desarrollo radicular y la estabilidad estructural de los órganos reproductivos como la mazorca (Rengifo et al., 2020). Al complementarse con los elementos nitrógeno, fósforo y potasio, favorecen la acumulación de almidones y el llenado de grano, se mejora también el engrosamiento del eje central de la mazorca, lo que se refleja en un mayor diámetro.

El híbrido IMPACTO demostró mayor respuesta morfofisiológica frente a los tratamientos, coincidiendo con lo reportado por Quispe et al. (2019), quienes determinaron que los híbridos de alto rendimiento genético muestran incrementos significativos en parámetros como longitud y diámetro de mazorca cuando se maneja buena fertilización.

El menor desempeño del híbrido DK-7508, aun cuando se aplicaron tratamientos similares, sugiere una menor eficiencia en la absorción o uso de nutrientes, lo cual también ha sido señalado por Cruz et al. (2018), al observar que el rendimiento y componentes morfológicos del maíz dependen fuertemente de la genética del híbrido.

3.8. Peso de mazorca

Tabla 3.8

Análisis de Variancia del peso de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

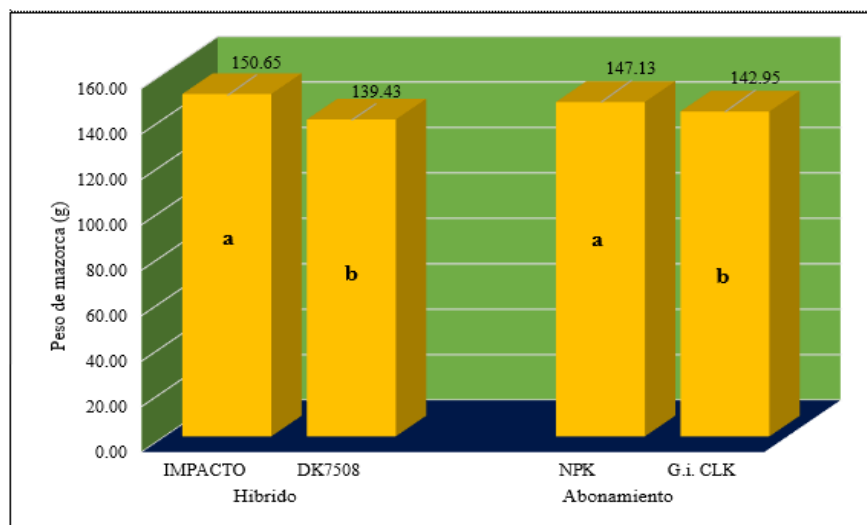
F. V.	G.L.	S.C	C.M	Fc	P< Fc
Bloque	2	8.42	4.21	0.92	0.4477 ns
Hibrido (H)	1	377.44	377.44	82.66	0.0001 **
Abono (A)	1	52.42	52.42	11.48	0.0147 *
Inter (HxA)	1	0.79	0.79	0.17	0.6918 ns
Error	6	27.40	4.57		
Total	11	466.46			

C.V. = 1.47 %

En la tabla 3.8. del ANVA realizado para la variable peso promedio de mazorca se observa que alta significación estadística para los factores en estudio híbridos y abonamiento, esto permite el análisis de los efectos principales de los dos factores. Por tanto, hay evidencia suficiente para sustentar la aseveración de que las medias no son iguales. Se usó la prueba de Tukey para saber cuáles son las medias que difieren una de otras. El coeficiente de variación es una medida de buena precisión que nos permite buena confianza en los resultados.

Figura 3.8

Prueba de Tukey de peso de mazorca de dos híbridos de maíz (Zea mays L.). Pichari 560 m s.n.m



La figura 3.8 de la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad de los efectos principales, la variedad Impacto en promedio de las fuentes de abonamiento es el que muestra un mayor peso de mazorca con un valor de 150.65 g superando estadísticamente al Híbrido DK-7508. La fuente NPK es superior estadísticamente en el peso de mazorca a la aplicación de la fuente de abonamiento de Guano de Isla con CLK.

Por su parte, el fertilizante NPK, químicamente balanceado, presentó una superioridad al del guano de isla con CLK en el peso promedio de la mazorca en el híbrido Impacto, pero no logró potenciar de igual forma al híbrido DK-7508. Esto sugiere que la respuesta de los híbridos al tipo de fertilización puede ser específica y dependiente del genotipo, como también fue confirmado en los estudios de Huamán et al. (2018) sobre interacción genotipo y manejo en maíces híbridos cultivados en la sierra del Perú. El peso de la mazorca es la variable que depende de la longitud y el diámetro de mazorca.

3.9. Rendimiento de grano

Tabla 3.9

Análisis de Variancia del rendimiento de grano de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

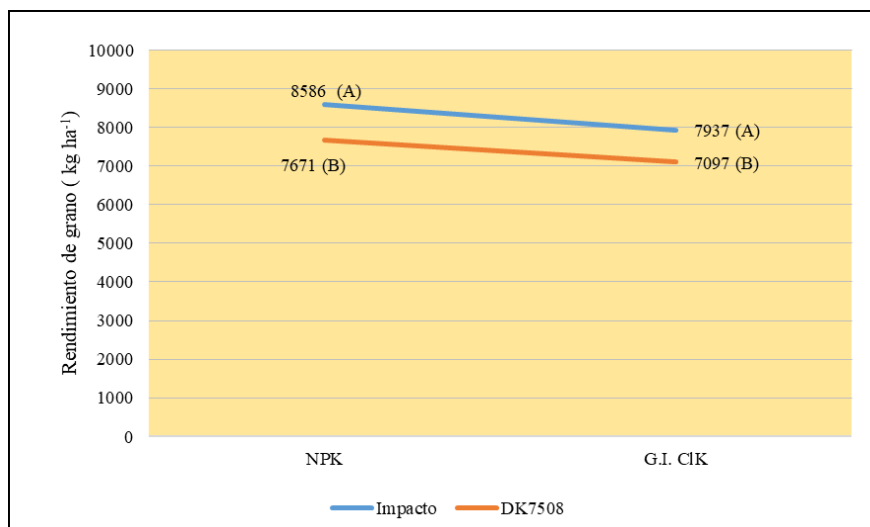
F. V.	G.L.	S.C	C.M	Fc	P< Fc
Bloque	2	34577.38	17288.69	0.27	0.7692 ns
Híbrido (H)	1	2313266.64	2313266.64	36.68	0.0009 **
Abono (A)	1	1122958.90	1122958.90	17.81	0.0056 **
Inter (HxA)	1	4282.74	4282.74	0.07	0.8031 ns
Error	6	378368.97	378368.97		
Total	11	3853454.62			

C.V. = 3.21 %

En la tabla 3.9 del ANVA realizado para la variable rendimiento de grano se observa alta significación estadística para los factores en estudio. Entonces hay evidencia suficiente para sustentar la aseveración de que las medias no son iguales. Se usó la prueba de Tukey para saber cuáles son las medias que difieren una de otras. El coeficiente de variación es una medida de buena precisión que permite buena confianza en los resultados.

Figura 3.9

Prueba de Tukey del rendimiento de grano de dos híbridos de Zea mays L. Pichari 560 m s.n.m



La figura 3.9. se observa la prueba de Tukey del rendimiento de grano al 95% de probabilidad, se observa que no existe interacción, pero al tratarse de dos niveles se puede efectuar para una mejor interpretación bajo los efectos simples de los híbridos y el factor abonamiento, se puede observar al Híbrido Impacto un rendimiento con un abonamiento de NPK muestra un valor de 8586 kg/ha. En esta investigación, la mayor respuesta se obtiene al utilizar la fuente de abonamiento de NPK es superior a la fuente de Guano de Isla con Cloruro de potasio (ClK), obteniendo un rendimiento de 7671 kg/ha. también se observa la superioridad del híbrido Impacto.

Este comportamiento confirma que tanto el material genético como el tipo de fertilización influyen significativamente en la productividad del maíz. El híbrido Impacto, al mostrar un mejor desempeño con ambos tratamientos, evidencia una mayor eficiencia en el uso de nutrientes y mayor estabilidad agronómica. Según Vilca et al. (2021), los híbridos con mayor capacidad de respuesta fisiológica frente a fuentes de nutrientes orgánicos y minerales logran convertir eficientemente los insumos en biomasa comercializable.

Respecto al efecto del Guano de Isla + KCl, se sabe que esta combinación aporta nitrógeno, fósforo, micronutrientes y potasio en cantidades balanceadas, lo que favorece procesos como la fotosíntesis, el llenado de grano y el desarrollo radicular (Salazar et al., 2020). En este sentido, los nutrientes de origen orgánico no solo mejoran la disponibilidad de elementos esenciales, sino que también optimizan la actividad microbiana del suelo, beneficiando el rendimiento general del cultivo.

Los resultados también concuerdan con los hallazgos de Torres y Chávez (2019), quienes evaluaron híbridos de maíz bajo distintas estrategias de fertilización y concluyeron

que los tratamientos orgánico-minerales superan en rendimiento a las fertilizaciones exclusivamente químicas, especialmente en condiciones edafoclimáticas favorables.

3.10. Rentabilidad económica

Tabla 3.10

Rentabilidad económica y costo de producción de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) con dos fuentes de abonamiento. Pichari 560 m s.n.m

Tratamientos	Costo de producción (S/)	Rendimiento de grano kg/ha	Valor de venta (3.00/kg)	Utilidad bruta (S/)	Índice de Rentab.
H. Impacto con NPK	9565.13	8586.0	25758.0	16192.9	1.7
H. Impacto G.I. CIK	9693.57	7937.0	23811.0	14117.4	1.5
H. DK-7508 Con NPK	9565.13	7671.0	23013.0	13447.9	1.4
H. DK-7508 Con G I. CIK	9693.57	7097.0	21291.0	11597.4	1.2

La tabla 3.10 muestra una mayor rentabilidad económica para el Híbrido Impacto con un abonamiento de NPK un valor de 1.7 con utilidad bruta de 16192.9, pero se tiene muy cerca al mismo híbrido con el abonamiento de Guano de Isla y CIK que proporciona una rentabilidad de 1.5 con utilidad bruta de 14117.4

Estos resultados reflejan una clara relación entre rendimiento agronómico y retorno económico, en donde el híbrido Impacto, al expresar un mayor rendimiento en kg/ha., también logra una mejor eficiencia económica por unidad de superficie. Este comportamiento es coherente con lo reportado por Espinoza et al. (2020), quienes destacaron que los híbridos con mayor capacidad de aprovechamiento de nutrientes generan retornos superiores cuando se integran prácticas de fertilización combinada.

El uso del Guano de Isla, recurso natural rico en nitrógeno, fósforo y micronutrientes, en combinación con cloruro de potasio (KCl), demostró ser la segunda opción en la rentabilidad. Esto coincide con los hallazgos de Mejía y Luyo (2022), quienes demostraron que los sistemas mixtos de fertilización no solo incrementan la productividad, sino que también reducen los costos por menor dependencia de insumos importados, incrementando así el margen de ganancia del productor.

Asimismo, la adaptabilidad del híbrido Impacto a este sistema de fertilización mineral responde decisivamente en su desempeño económico. Según Rojas et al. (2021), la interacción entre genotipo y tipo de fertilización es determinante para maximizar la rentabilidad, especialmente en cultivos intensivos como el maíz amarillo duro.

En resumen, el tratamiento con Guano de Isla con KCl en el híbrido Impacto no solo representa una alternativa agronómicamente eficiente, sino también una estrategia económicamente viable y sostenible para los agricultores del entorno estudiado.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la aplicación de abonos influyó en la precocidad de los híbridos de *Zea mays* L., destacando el híbrido Impacto por alcanzar la emergencia, floración y madurez fisiológica antes que el híbrido DK-7508.
2. Se logró evidenciar que el híbrido Impacto presentó mayor productividad, principalmente bajo fertilización NPK, alcanzando el mayor rendimiento con 8586 kg/ha.; seguido del tratamiento Impacto + guano de isla + KCl, con 7937 kg/ha.
3. Se concluye que el híbrido Impacto + NPK fue el tratamiento más rentable, con S/ 16 192.9 ha⁻¹ de utilidad bruta e índice de rentabilidad de 1.7. Sin embargo, Impacto + guano de isla + KCl también mostró rentabilidad favorable, con S/ 14 117.4 ha⁻¹ e índice de 1.5, constituyéndose como una alternativa viable económica y sosteniblemente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Espinoza, J., Aguilar, D., & Quispe, M. (2020). Evaluación de la rentabilidad económica de híbridos de maíz amarillo bajo diferentes fuentes de fertilización. *Revista de Producción Agropecuaria y Desarrollo Rural*, 7(2), 75–82. <https://doi.org/10.22128/agrodesarrollorural.2020.07.02.075>
- Martínez-Gutiérrez, A., Zamudio-González, B., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Cardoso-Galvão, J. C., & Vázquez-Carrillo, M. G. (2022). Rendimiento de híbridos de maíz en respuesta a la fertilización foliar con bioestimulantes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(2), 289–302. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2782>
- Mejía, F., & Luyo, J. (2022). Análisis económico del uso de fertilizantes orgánicos y químicos en la producción de maíz amarillo duro. *Revista Agroindustrial Peruana*, 9(1), 22–30. <https://doi.org/10.35383/agroind.v9i1.2022.022>
- Rojas, E., Sánchez, G., & Palomino, L. (2021). Interacción genotipo-fertilización en el rendimiento económico del maíz en la región andina. *Ciencia y Tecnología Agraria*, 10(3), 110–118. <https://doi.org/10.17268/cta.v10i3.2021.110>
- Sánchez, H. (2004). *Manual tecnológico del maíz amarillo duro y de buenas prácticas agrícolas para el Valle de Huaura*. Departamento de Lima.
- Zevallos, R. (2019). *Comportamiento de híbridos dobles de maíz en tres medios ambientes diferentes (No. SB191. M2 Z4-T)*. Tesis de pre grado de Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú).