

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“EFECTO SINÉRGICO DEL P/K EN EL RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DE MAÍZ CHOCLERO INÍA 603 (*Zea mays* L.) EN EL
CENTRO POBLADO HUACARIZ SAN ANTONIO, CAJAMARCA”**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:

FRANKLYN LEONARDO MALCA MAYTA

Asesor:

Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA

CAJAMARCA – PERÚ

- 2025-

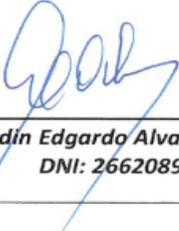
CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Malca Mayta Franklyn Leonardo
2. **DNI:** 74492126
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
3. **Asesor:**
Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
4. **Facultad/Unidad UNC:** Ciencias Agrarias
5. **Grado académico o título profesional:**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
6. **Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico

Título de Trabajo de Investigación: "EFECTO SINÉRGICO DEL P/K EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ CHOCLERO INÍA 603 (*Zea mays* L.) EN EL CENTRO POBLADO HUACARIZ SAN ANTONIO, CAJAMARCA"
7. **Fecha de evaluación:** 22/08/2025
8. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
9. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 16%
10. **Código Documento:** oid: 3117:485930161
11. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 16%
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 25/08/2025

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*



Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
DNI: 26620894

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



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

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

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los diecinueve días del mes de agosto del año dos mil veinticinco, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 418-2025-FCA-UNC, de fecha 22 de julio del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: **"EFECTO SINÉRGICO DEL P/K EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ CHOCLERO INIA 603 (*Zea mays* L.) EN EL CENTRO POBLADO HUACARIZ SAN ANTONIO, CAJAMARCA"**, realizada por el Bachiller **FRANKLYN LEONARDO MALCA MAYTA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

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

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

Dr. Isidro Rimarachín Cabrera
PRESIDENTE

Dr. Wilfredo Poma Rojas
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres, Gilmer Malca Santa Cruz y Loyola Mayta Torres, por ser los pilares principales que me brindaron la fuerza necesaria para superar cada obstáculo, por enseñarme valores que me han permitido ser una mejor persona y por brindarme su paciencia, amor, comprensión y apoyo incondicional durante toda mi formación profesional.

Malca Mayta, Franklyn L.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida, salud y fuerza que brinda cada día para salir adelante.

A mis padres Gilmer Malca Santa Cruz y Loyola Mayta Torres por todo el esfuerzo que han hecho para tener que brindarme su apoyo moral y económico.

A mi asesor Dr. Edin Alva Plasencia por todo su constante apoyo, paciencia, correcciones y conocimientos compartidos durante todo el desarrollo de esta tesis.

Al Ing. Toribio Tejada Campos director del área de Granos Andinos y Leguminosas del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)-Cajamarca, por su apoyo al proporcionarme el material biológico de semilla de Maíz choclero INIA 603, utilizado en este estudio.

A mis hermanas Layla Malca y Fiorela Malca por brindarme su apoyo moral, económico y por estar a mi lado en todo momento.

A la señora María Quispe Sangay por el uso de su propiedad para realizar el estudio experimental.

A mis amigos y amigas que me apoyaron y acompañaron durante esta investigación.

Malca Mayta, Franklyn L.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Página
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Justificación de la investigación	2
1.4 Objetivos de la investigación	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
1.5 Hipótesis	3
CAPÍTULO II.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Antecedentes	4

2.1.1	A nivel internacional	4
2.2.2	A nivel nacional	5
2.2.3	A nivel local	8
2.2	Marco teórico	8
2.3	Definición de términos	14
CAPÍTULO III.....		16
MATERIALES Y MÉTODOS		16
3.1	Ubicación	16
3.2	Materiales	18
3.3	Metodología	20
3.3.1	Tratamientos de estudio	20
3.2.2	Diseño estadístico	21
3.3.3	Instalación del experimento	23
3.3.4	Variables evaluadas	27
CAPÍTULO IV		30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		30
4.1	Análisis estadístico de las características agronómicas del cultivo de maíz choclero INIA 603	30
4.1.1	Altura de planta de maíz Choclero INIA 603	31
4.1.2	Número de mazorcas por planta de maíz Choclero INIA 603	35

4.1.3	Longitud de mazorca sin brácteas de maíz Choclero INIA 603	39
4.1.4	Peso de granos por mazorca de maíz Choclero INIA 603	44
4.1.5	Peso de mazorcas (kg ha ⁻¹) con brácteas de maíz Choclero INIA 603	49
4.1.6	Peso de mazorcas (kg ha ⁻¹) sin brácteas de maíz Choclero INIA 603	54
CAPÍTULO V		60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		60
5.1	Conclusiones	60
5.2	Recomendaciones	62
CAPÍTULO VII		63
BIBLIOGRAFÍA		63
ANEXOS.....		71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
Tabla 1	<i>Tratamientos de estudio</i>	20
Tabla 2	<i>Dimensiones del campo experimental</i>	21
Tabla 3	<i>Resultados e interpretación de análisis de suelo del campo experimental</i>	23
Tabla 4	<i>Cálculo de las dosis de fertilización</i>	25
Tabla 5	<i>Distribución de dosis por cada tratamiento</i>	25
Tabla 6	<i>Resultados de las variables evaluadas</i>	30
Tabla 7	<i>Análisis de varianza para la altura de planta</i>	31
Tabla 8	<i>Prueba de Tukey para los tratamientos frente al testigo</i>	33
Tabla 9	<i>Prueba de Tukey para los factores de manera independiente</i>	34
Tabla 10	<i>Análisis de varianza para el número de mazorcas por planta</i>	35
Tabla 11	<i>Prueba de Tukey para los tratamientos frente al testigo en el número de mazorcas por planta</i>	37
Tabla 12	<i>Prueba de Tukey para los factores de manera independiente en el número de mazorcas por planta</i>	38
Tabla 13	<i>Análisis de varianza para la longitud de mazorca sin brácteas</i>	39
Tabla 14	<i>Prueba de Tukey para los tratamientos frente al testigo en la longitud de mazorca sin brácteas</i>	41
Tabla 15	<i>Prueba de Tukey para los factores de manera independiente en la longitud de mazorca sin brácteas</i>	42

Tabla 16 <i>Análisis de varianza para el peso de granos por mazorca</i>	44
Tabla 17 <i>Prueba de Tukey para los tratamientos frente al testigo en el peso de granos por mazorca</i>	45
Tabla 18 <i>Análisis de varianza para el peso de mazorcas con brácteas</i>	49
Tabla 19 <i>Prueba de Tukey para los tratamientos frente al testigo en peso de mazorcas con brácteas</i>	51
Tabla 20 <i>Análisis de varianza para el peso de mazorcas sin brácteas</i>	54
Tabla 21 <i>Prueba de Tukey para los tratamientos frente al testigo en peso de mazorcas sin brácteas</i>	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
Figura 1	<i>Ubicación del área de estudio.</i>	17
Figura 2	<i>Datos meteorológicos mensuales registrados durante el periodo de la investigación (octubre 2024 – marzo 2025).</i>	18
Figura 3	<i>Dimensiones de las unidades experimentales.</i>	22
Figura 4	<i>Dimensiones del área del experimento.</i>	22
Figura 5	<i>Distribución de plantas evaluadas.</i>	28
Figura 6	<i>Efecto de interacción del fósforo y potasio en el peso de granos por mazorca.</i>	47
Figura 7	<i>Efecto de interacción del fósforo y potasio en el peso de mazorca (kg ha⁻¹) con brácteas.</i>	52
Figura 8	<i>Efecto de interacción del fósforo y potasio en el peso (kg ha⁻¹) de mazorcas sin brácteas.</i>	58

RESUMEN

En nuestra región Cajamarca la limitada información sobre el efecto sinérgico de fósforo y potasio es un problema que afecta el rendimiento del cultivo de maíz, lo que genera la pregunta: ¿Cuál es el efecto sinérgico entre la aplicación de fósforo y potasio en el rendimiento del maíz Choclero INIA 603 en el centro poblado Huacariz San Antonio, Cajamarca? Para ello se evaluaron tres dosis de fósforo (80, 120 y 160 kg ha⁻¹) y dos dosis de potasio (100 y 150 kg ha⁻¹) sobre el rendimiento del maíz choclero INIA 603. El experimento se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con un total de siete tratamientos: T0 (testigo), T1 (80 kg ha⁻¹ de P y 100 kg ha⁻¹ de K), T2 (80 kg ha⁻¹ de P y 150 kg ha⁻¹ de K), T3 (120 kg ha⁻¹ de P y 100 kg ha⁻¹ de K), T4 (120 kg ha⁻¹ de P y 150 kg ha⁻¹ de K), T5 (160 kg ha⁻¹ de P y 100 kg ha⁻¹ de K), T6 (160 kg ha⁻¹ de P y 150 kg ha⁻¹ de K). Como resultado, se observó que el tratamiento T6 (160 kg ha⁻¹ de fósforo y 150 kg ha⁻¹ de potasio) obtuvo los mayores resultados en todas las variables evaluadas. En el peso de mazorcas con brácteas, se alcanzó un total de 17.381 kg ha⁻¹, mientras que el peso de mazorcas sin brácteas fue de 13.917 kg ha⁻¹. Asimismo, T6 mostró una superioridad en el peso de granos por mazorca, con un promedio de 226 g por mazorca. En estas tres variables se evidenció un efecto sinérgico significativo entre el fósforo y el potasio. Por otro lado, en variables como la altura de planta (257.33 cm), el número de mazorcas por planta (3 mazorcas en T6 frente a 1 en el testigo) y la longitud de mazorcas sin brácteas (22.00 cm), aunque el tratamiento T6 también obtuvo los mayores valores, no se evidenció un efecto sinérgico significativo, observándose solo un efecto individual atribuible a la aplicación de fósforo o potasio de manera separada.

Palabras claves: efecto sinérgico, brácteas, rendimiento, fósforo, potasio.

ABSTRACT

In our Cajamarca region, the limited information on the synergistic effect of phosphorus and potassium is a problem that affects corn crop yield, which raises the question: What is the synergistic effect between the application of phosphorus and potassium on the yield of INIA 603 corn in the Huacariz San Antonio population center, Cajamarca? To this end, three doses of phosphorus (80, 120 and 160 kg ha⁻¹) and two doses of potassium (100 and 150 kg ha⁻¹) were evaluated on the yield of INIA 603 corn. The experiment was developed under a completely randomized block design (CRBD), with a total of seven treatments: T0 (control), T1 (80 kg ha⁻¹ of P and 100 kg ha⁻¹ of K), T2 (80 kg ha⁻¹ of P and 150 kg ha⁻¹ of K), T3 (120 kg ha⁻¹ of P and 100 kg ha⁻¹ of K), T4 (120 kg ha⁻¹ of P and 150 kg ha⁻¹ of K), T5 (160 kg ha⁻¹ of P and 100 kg ha⁻¹ of K), T6 (160 kg ha⁻¹ of P and 150 kg ha⁻¹ of K). As a result, it was observed that treatment T6 (160 kg ha⁻¹ of phosphorus and 150 kg ha⁻¹ of potassium) obtained the highest results in all the variables evaluated. In the weight of ears with bracts, a total of 17,381 kg ha⁻¹ was reached, while the weight of ears without bracts was 13,917 kg ha⁻¹. Likewise, T6 showed a superiority in the weight of grains per ear, with an average of 226 g per ear. In these three variables, a significant synergistic effect between phosphorus and potassium was evident. On the other hand, in variables such as plant height (257.33 cm), the number of ears per plant (3 ears in T6 versus 1 in the control) and the length of ears without bracts (22.00 cm), although the T6 treatment also obtained the highest values, a significant synergistic effect was not evident, only an individual effect attributable to the application of phosphorus or potassium separately.

Keywords: synergistic effect, husks, yield, phosphorus, potassium.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el maíz o *Zea mays* L., es un cultivo de cereales de gran importancia para la economía y la sociedad, ya que proporciona alimento tanto a los seres humanos como a los animales el cual es esencial para su nutrición. Por otra parte, sirve como materia prima para la fabricación de bienes industriales. De las 211.507 hectáreas de maíz amiláceo sembradas en Perú, la región Cajamarca concentra 36.824 hectáreas, es decir, el 17,4% del total. Chota (8.616 ha; 23,4%), Cutervo (6.579 ha; 17,9%), Santa Cruz (5.181 ha; 14,1%), y Hualgayoc (4.245 ha; 11,5%) son las provincias con mayor superficie sembrada (Cabrerera, 2023).

Así mismo, en los últimos años los agricultores suelen aplicar cantidades excesivas de fertilizantes a las grandes extensiones de cultivos, como el maíz de regadío, y se atienen a las recomendaciones de los fabricantes, en particular el nitrógeno, que enriquece los granos y favorece el ahijamiento y el crecimiento, por otra parte, descuidan en fósforo y potasio que son elementos muy importantes para que el maíz tenga un buen desarrollo y pueda tener un buen rendimiento. Suelen proporcionar N en las siguientes formas: amonio, que se une al complejo de intercambio del suelo; nitrato, que el complejo de intercambio no retiene; o nitrato, que el complejo de intercambio no retiene y puede ser absorbido por la planta o eliminado por el agua de lluvia o de riego. De forma similar al potasio, que se adsorbe igualmente al suelo, el ion fosfato se adsorbe muy firmemente al suelo, donde se mantiene con escasa o nula escorrentía. Circunstancia comparable para el potasio, que es fijado de forma similar por coloides, que forman diversos compuestos, incluyendo moléculas minerales y orgánicas (Monge et al, 2006).

En el desarrollo del presente informe de trabajo de investigación, efecto sinérgico entre la aplicación de fósforo y potasio en el rendimiento del maíz Choclero INIA 603 en Cajamarca, tuvo la finalidad de determinar cuál es el rendimiento del cultivo de Maíz Choclero frente a un efecto sinérgico de fósforo y potasio. Los resultados que se obtuvieron están dirigidos a la comunidad cajamarquina, productores, profesionales para de esta manera poder mejorar sus rendimientos en dicho cultivo.

1.1 Descripción del problema

El maíz choclero (**Zea mays L.**) en la región Cajamarca es un cultivo de mucha importancia para la alimentación y la economía de los agricultores. Sin embargo, los rendimientos de maíz en esta zona no siempre alcanzan máximo potencial debido a deficiencias en la fertilización. Aunque el fósforo (P) y el potasio (K) son nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, su efecto combinado sobre el rendimiento del maíz choclero en Cajamarca aún no está completamente comprendido.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto sinérgico entre la aplicación de fósforo y potasio en el rendimiento del maíz Choclero INIA 603 en el centro poblado Huacariz San Antonio, Cajamarca?

1.3 Justificación de la investigación

El maíz choclero (**Zea mays L.**) en la actualidad es muy importante para la economía y seguridad alimentaria de los agricultores y consumidores de la región Cajamarca. Sin embargo, a pesar de su importancia aún no se logra alcanzar su máximo potencial debido a las deficiencias que se presenta en la fertilización.

En este estudio se buscó identificar y cuantificar cual es el efecto sinérgico entre el fósforo y potasio en el rendimiento del Maíz choclero INIA 603, permitiendo de esta manera brindar información valiosa para los agricultores y así poder mejorar e incrementar no solo el rendimiento del maíz, sino que también brindar una mejora en la calidad de vida y un incremento en la economía de la región.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Determinar el efecto sinérgico de P/K en el rendimiento del cultivo de Maíz Choclero INIA 603 en el centro poblado Huacariz San Antonio, Cajamarca.

1.4.2 Objetivos específicos

Determinar el efecto sinérgico de diferentes dosis de fósforo (baja, media y alta) y potasio (media y alta) en el rendimiento y componentes del rendimiento: altura de planta, número de mazorcas por planta, peso de mazorcas con brácteas, peso de mazorcas sin brácteas, longitud de mazorcas sin brácteas y peso de granos por mazorca en el cultivo de maíz Choclero INIA 603 en el centro poblado Huacariz San Antonio, Cajamarca.

1.5 Hipótesis

Existe un efecto sinérgico positivo entre la aplicación de fósforo y potasio en el rendimiento del cultivo de Maíz Choclero INIA 603.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

2.1.1 A nivel internacional

Alvarado et al. (2021) en su artículo titulado: “Fertilización con nitrógeno y potasio en maíz en un alfisol de Guanacaste, Costa Rica” se plantean el siguiente objetivo: “Evaluar en la variedad de maíz J-Sáenz, el efecto de dosis crecientes de nitrógeno y potasio, en combinación con tres densidades de siembra” obtuvieron como resultados que: si existe un incremento significativo en la producción de grano al aumentar la densidad de siembra de 50000 a 66667 plantas por hectárea. La mayor eficiencia se encontró en la aplicación de 100 kg de N y P a una densidad de 57 000 plantas ha⁻¹. La variable mazorca expuesta no se relacionó con las dosis de nutrimentos. El maíz aumentó la absorción con el incremento de las dosis de N, pero no de K. Lograron llegar a una conclusión que la densidad de siembra de 57 143 ha⁻¹ mostró el mejor rendimiento a dosis de 100 kg de N ha⁻¹ y 100 kg de K₂O ha⁻¹.

Aguilar (2019) en su tesis titulada: “Respuesta a niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L.), en condiciones de la zona de Babahoyo” se planteó el siguiente objetivo: “Determinar la respuesta a niveles de nitrógeno, fósforo y potasio del cultivo de maíz (*Zea mays*, L.), en condiciones de la zona de Babahoyo”, llegando a las siguientes conclusiones. Los tratamientos estuvieron constituidos por los diferentes niveles de fertilizantes como son: 60 % (40 % eficiencia N-P-K), 40 % (60 % eficiencia N-P-K), 20 % (80 % eficiencia N-P-K), 10 % (90 % eficiencia N-P-K), 60 % N (40 % eficiencia N); más un tratamiento con aplicación de fertilización base. Los

resultados obtenidos de estos tratamientos fueron: se determinó que los fertilizantes edáficos aplicados en los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 no mostraron diferencias estadísticas en la altura con respecto al T1 sembrado con un plan de fertilización básica. El tratamiento T2 a una dosis de 60 % (40 % eficiencia N-P-K) reaccionó de manera superior que los tratamientos T1, T3, T4, T5 y T6 con la altura de la inserción de la mazorca. En el peso de 100 semillas el tratamiento T2 a una dosis de 60 % (40 % eficiencia N-P-K), obtuvo una diferencia significativa con respecto al resto de los tratamientos, T6 a una dosis de 60 % N (40 % eficiencia N) presentó el valor más bajo inclusive que el T1. El mejor rendimiento que se obtuvo fue el tratamiento T2 con 224-96-144 de NPK, donde alcanzo 5510 kg ha⁻¹, a diferencia del valor más bajo con el tratamiento T5 con 4940 kg ha⁻¹.

2.2.2 A nivel nacional

Oré (2015) en su tesis titulada: “Fertilización potásica y nivel nutricional en el 18 rendimiento de maíz morado PMV-581 (*Zea mays* L.), bajo riego por goteo” se planteó el siguiente objetivo: “Determinar el efecto de la fertilización potásica en el crecimiento y rendimiento del maíz morado PMV-581 bajo riego por goteo” dando como resultado que: “El mayor rendimiento total y rendimiento comercial se presenta a nivel de NP: 160 kg ha⁻¹ de N y 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ con 9,690 kg ha⁻¹ y 7,499 kg ha⁻¹ de mazorcas respectivamente, ambos estadísticamente similar con NP + AH (6,938 kg ha⁻¹), y al testigo (T0) no fertilizado (6,283.2 kg/ha de mazorcas)”.

Ciriaco (2023) en su tesis titulada: “Efecto de diferentes dosis de potasio y densidades de siembra en las características morfológicas y biométricas del maíz amarillo amiláceo INIA 623-Cumbemaino (*Zea mays* L.) en Marcará – Carhuaz – Ancash – 2020”, se planteó en siguiente objetivo: “Determinar el efecto de las diferentes dosis de potasio y densidades de siembra en las características morfológicas y biométricas del maíz amarillo amiláceo “INIA 623-cumbemaino” (*Zea mays* L.)” llegando a los siguientes resultados: Que el tratamiento T9 con (0.80 m x 0.40 m, 180 kg/ha de K₂O) se obtuvo la mejor altura de planta (2.101 m), mejor longitud de mazorcas (14.11 cm), mejor diámetro de mazorcas (6.38 cm), mayor número de granos por hileras (21.58 unidades), mejor peso de mazorcas (0.19 Kg) y mejor rendimiento del cultivo de maíz amarillo amiláceo (3458.26 kg ha⁻¹); así como con el T4 (0.80 m x 0.30 m, 120 kg ha⁻¹ de K₂O) se obtuvo mayor número de mazorcas (76 unidades) y con el T8 (0.80 m x 0.35 m, 180 kg ha⁻¹ de K₂O) se obtuvo mayor número de hileras por mazorca (15.30 unidades).

Torres (2015) en su tesis titulada: “Efecto de la aplicación de cinco niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea Mays* L.) Var. Marginal 28 – T. en Yurimaguas”, se planteó el siguiente objetivo: “Determinar el efecto de cinco niveles de fósforo sobre las características agronómicas y el rendimiento del maíz” obteniendo e siguiente resultado: El mayor promedio en lo que respecta al número de mazorcas/planta se obtuvo con el T4 (100 Kg. de Fósforo ha⁻¹) con un valor de 1.72 mazorcas por planta. El mejor resultado en lo que respecta a la variable Longitud de Mazorca, lo obtuvo el T4 (100 Kg. de Fósforo ha⁻¹) con un promedio de 17.94 cm por mazorca T4 (100 Kg. de Fósforo ha⁻¹) tuvo el mayor promedio en peso de granos por mazorca con 174.41 gr. El mayor rendimiento se obtuvo con T4 (100 Kg. de Fósforo ha⁻¹) con 4983.01 kg ha⁻¹.

López et al. (2024) en su artículo “Gestionar el Efecto de fertilizantes NPK y dos densidades de siembra en maíz (*Zea mays* L.)”, se llevó a cabo un estudio con un diseño experimental de bloques completos al azar, combinando tres dosis de NPK y dos densidades de siembra, obteniendo un total de 24 parcelas. Dentro de las variables 3 3 8 8 evaluadas fueron el rendimiento, longitud, diámetro y peso de las mazorcas, así como el índice de cosecha. El estudio mostró como resultados que a combinación de una densidad de siembra de 75 000 plantas por hectárea con la dosis D3 de fertilizante NPK (200-80-100) logró el mayor rendimiento de 16,399 kg ha⁻¹, evidenciando diferencias significativas en comparación con otras combinaciones.

Tejada y Santiago (2018) en su tesis titulada: “Efecto de la dosis de la fertilización en el maíz choclero variedad Urubamba (*Zea mays*), en condiciones Huariaca-Pasco”. Para el experimento se utilizó tres dosis de fertilización (NPK) bajo un diseño de bloques completos al Azar con arreglo factorial de 3N,3P y 3K, que genero 27 tratamientos con tres repeticiones. Entre las variables evaluada tenemos: porcentaje de germinación, altura de planta, número de días a la floración masculina, número de días a la floración femenina, número de mazorcas por planta, diámetro de mazorcas, longitud de mazorca, peso de mazorca, rendimiento de mazorca en t/ha. Se obtuvo resultados en cuando al rendimiento siendo los mejores tratamientos es T24 que corresponde a la dosis de fertilización de 180 – 50 – 50 y 120 – 50 – 50 de NPK ha⁻¹, con un rendimiento de 17.00 t ha⁻¹.

2.2.3 A nivel local

Vásquez (2019) en su tesis titulada: “Efecto de tres dosis de fertilización en el rendimiento de tres variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en tres localidades del distrito de Cutervo, 2016-2017” en la cual tuvo como objetivo: “Determinar el efecto de tres dosis de fertilización en el rendimiento de tres variedades de maíz amiláceo en tres localidades del distrito de Cutervo, durante la campaña agrícola 2016 – 2017” concluyó que: “Los mejores rendimientos para esta variedad por dosis de fertilización se obtuvieron 11 con la variedad local, con niveles de 110-50-40 y 105- 48-34 de NPK, con rendimientos de 8.19 y 7.26 t/ha respectivamente, seguido por la variedad INIA 603 con dosis 110-50- 40 NPK con 7.01 t ha⁻¹, que tuvieron rendimientos comparables, mientras que la variedad INIA-601 sin fertilización rindió solo 5.01 t ha⁻¹. La localidad óptima fue en la localidad Valle Condell, con la variedad local y con dosis de 110-50-40 NPK, con un máximo rendimiento de 10.21 t ha⁻¹, pero teniendo valores comparables con los 11 tratamientos que incluyen al Valle Conday y Lirio Bajo, mientras que los valores más bajos se encuentran en la localidad de Chaquil, con sus tres dosis de fertilización.

2.2 Marco teórico

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

Teorías predominantes sobre el origen del maíz muestran que es de origen americano, cultivado desde tiempos remotos por los antiguos pobladores, con el pasar del tiempo este cereal alcanzó una gran especialización evolutiva principalmente en las regiones de Perú y México (Cabrera, 2023).

En la región de Cajamarca el Maíz INIA 603-choclero fue originado del sobrecruzamiento de 9 mejores familias de hermanos completos derivados del CP II, El

cual básicamente está formado en un 50 % por colecciones tipo Blanco Urubamba de Cusco; el otro 50 % por germoplasma integrado por colecciones de maíz Blanco Imperial de Cajamarca, variedades mejoradas, del PCIM (PCIM 561, PMC 562, PMC 568) y Colecciones de los departamentos de Ancash, Apurímac y Ayacucho. se formó la variedad INIA 603 Choclero, que fue lanzada como variedad comercial el 21 de agosto de 2001 (INIA,2004).

2.2.2 Clasificación taxonómica del maíz

Reino	:	Plantae
División	:	Angiospermae
Clase	:	Monocotyledoneae
Subclase	:	Commelinidae
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae
Subfamilia	:	Panicoideae
Tribu	:	Androponeae
Género	:	Zea
Especie	:	Zea mays (Quispe, 2023).

2.2.3 Generalidades de la planta de maíz (*Zea mays* L.)

El maíz es una planta monocotiledónea anual, que puede alcanzar hasta 3.5 metros de altura, aunque lo más común es entre 2 y 2.5 metros. Presenta una inflorescencia femenina (la mazorca) en las axilas de las hojas superiores, cubierta por hojas modificadas, y una inflorescencia masculina (la panoja) en la parte superior del tallo. Las hojas son alargadas y delgadas, de hasta 1.5 metros de largo, con lígulas dispuestas de forma alterna. El tallo contiene una médula azucarada y blanca, con raíces adventicias que nacen de los nudos, brindando anclaje y absorción de nutrientes y agua. Las flores femeninas forman la mazorca, mientras que las masculinas generan el polen en la panoja. La polinización da lugar a los granos de maíz, protegidos por hojas envolventes. El fruto maduro está compuesto por el pericarpio (capa externa), el endospermo (reserva nutritiva) y el embrión. Cada panícula contiene entre 20 a 25 millones de granos de polen, esenciales para la fecundación. Tras la polinización, los estigmas fertilizados se secan y se tornan marrones, mientras que los no fertilizados permanecen visibles (Quispe,2023).

2.2.4 Variedad INIA 603 choclero

Esta variedad se caracteriza por su buena adaptación a las condiciones de los valles interandinos de la sierra peruana, especialmente entre los 2,600 y 3,000 metros sobre el nivel del mar. Las plantas presentan un porte de mediano a alto, con una arquitectura robusta y tallos medianamente gruesos. Cada planta puede desarrollar una o dos mazorcas ubicadas en el tercio medio del tallo. Las mazorcas son de forma cilindro-cónica, con 8 a 10 hileras de granos grandes, amiláceos y de color blanco cremoso. (INIA, 2004).

2.2.5 Rendimiento de Maíz 603 choclero

El rendimiento potencial en grano seco de esta variedad es de aproximadamente 6 toneladas por hectárea, luego de haber cosechado a los 170 días posteriores a la siembra (INIA,2004).

El rendimiento de esta variedad mediante una fertilización química se puede alcanzar los 2,773.72 kg ha-1, mientras que la ausencia de esta fertilización solamente se obtiene 1,295.47 kg ha-1 (Cabrera, 2023).

2.2.6 Requerimientos para el cultivo de maíz (*Zea mays L.*)

A. Exigencias edafoclimáticas

a. Clima y temperatura. Este cereal requiere temperaturas entre los 24.4 °C y los 35.6°C, siendo la temperatura media de 32°C la cual es una temperatura óptima para lograr una óptima producción. El maíz requiere bastante cantidad de luz, en climas húmedos suele bajar su rendimiento. Para un buena germinación de la semilla la temperatura debe estar entre los 15 a 27° C. Puede soportar una temperatura mínima de 8° C y máximas de 39°C, pero a partir de los 40°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes y una baja polinización. En el período de fructificación la planta requiere temperaturas de 20 a 32° C. El clima ideal para el maíz, es un ambiente con días soleados, noches frescas, temperaturas y vientos moderados (Ortigoza et al, 2019).

b. Suelo. El maíz requiere de suelos ricos en materia orgánica con propiedades físicas y biológicas adecuadas. Los suelos ideales para este cultivo son de textura intermedia, de franco a franco-arcilloso, estar bien drenados y aireados. El maíz es uno de los cultivos que son menos tolerantes a la baja difusión de aire en el suelo. El

pH ideal para la siembra de maíz es de 5,5 a 7,0 existiendo fuera de estos rangos problemas de toxicidad de algunos elementos (Ortigoza et al, 2019).

c. Precipitaciones. Se caracteriza por ser muy susceptible a la falta de agua, mayormente cuando se encuentra en etapa de floración y llenado de grano. Estas etapas son críticas e importantes ya que determinarán el rendimiento. Durante todo su ciclo de vida del maíz necesita de 500 a 700 mm de precipitación (Ortigoza et al, 2019).

2.2.6 Requerimientos nutricionales

El maíz choclero INIA 603 obtenga un óptimo rendimiento y así tener buenas ganancias se requiere fertilizar con una dosis de 90-45-00 kg ha⁻¹ de NPK. Todo el fósforo y el potasio se debe aplicar directo a la siembra, por otro lado, el nitrógeno se debe aplicar en forma fraccionada: la mitad (2 sacos de urea) a la siembra y 2 sacos al aporque (INIA, 2004).

2.2.7 Fertilización

Cabrera (2023), la importancia de la fertilización es de mucha importancia cuando se aplica a cultivares mejorados para aprovechar al máximo su capacidad de rendimiento.

A. Nitrógeno (N). Este elemento tiene la función de brindar vigor a las plantas, crecimiento, favorece al proceso de la fotosíntesis, así como también a la acumulación de proteínas en el grano. Debido al estado orgánico que se encuentra el N en el suelo este necesita mineralización para que pueda ser absorbido, la cual es realizada por los microorganismos del suelo. Durante todo su ciclo vegetativo, la mayor cantidad de N que la planta absorbe es

durante la floración, debido a esto se recomienda aplicarlo en forma fraccionada para un mejor aprovechamiento.

B. Fósforo (P): Se encarga de brindar la energía necesaria que la planta necesita, favorece la formación de mazorcas y desarrollo de todas sus raíces. Se encuentra distribuido en toda la planta (80% en la semilla y el 20% distribuido en el tallo, hojas y brácteas), pero se encuentra en menor cantidad que el nitrógeno y el potasio. Este elemento es absorbido en mayor cantidad durante la etapa de floración, debe estar disponible en el suelo en donde las concentraciones de este elemento son muy bajas.

C. Potasio (K): Este elemento es el catión más abundante en la planta el cual brinda consistencia al tallo y hojas, y permite que la planta bnde resistencia a las heladas, sequias, así como también brinda una mejor calidad en el grano. Se caracteriza porque después de los 30 días de la emergencia de la plántula su absorción es lenta y es aumentada durante 20^a 25 días los cuales coinciden con la floración. En una deficiencia la planta presenta hojas con quemaduras de coloración café dichas hojas están cerca al suelo y son de etapas avanzadas así también presenta una ausencia de granos en la punta de la mazorca.

2.2.8 Efecto sinérgico de fósforo y potasio

La respuesta de los cultivos a aplicar fósforo y potasio de una manera conjunta muestran mejores rendimientos hasta lograr su punto máximo. Por otra parte, los rendimientos no suelen ser los mejores cuando la aplicación de dichos elementos es de

manera individual. La fertilización de NPK mejoran el rendimiento de cuerdo a las dosis que se apliquen (Cakmak, 2015).

Los efectos de las deficiencias de P y K en el maíz afectan negativamente el área foliar, el crecimiento, rendimiento y la absorción de otros nutrientes. La aplicación conjunta de P y K en suelos con deficiencias de ambos elementos incrementa significativamente en la biomasa y el rendimiento del maíz. Esto sugiere una interacción sinérgica, donde la disponibilidad adecuada de ambos nutrientes potencia el desarrollo óptimo del cultivo (Arias, 2015).

Según Solórzano (2021) la aplicación balanceada de NPK en el maíz mejora significativamente rendimiento del cultivo. La aplicación de dosis adecuadas de P y K, en combinación con nitrógeno, favorecen el desarrollo agronómico del maíz, incrementando la producción de grano y al mismo tiempo muestra una mejor calidad.

2.3 Definición de términos

Efecto sinérgico. - Se produce cuando la combinación de dos o más nutrientes o elementos produce un efecto mayor que la suma de los efectos individuales de cada uno de ellos. Esto puede producir un efecto más beneficioso que la aplicación individual de cada uno de ellos (MAPA,2014).

Fertilizante. - Un fertilizante es cualquier sustancia que contenga uno o varios nutrientes esenciales para las plantas, que se aplica al suelo o a la planta para mejorar su crecimiento, desarrollo y productividad, y que puede ser de origen natural o sintético" (MAPA,2014).

Rendimiento. - El rendimiento es un resultado de la interacción entre dos factores genéticos, ambientales y de manejo, se puede medir en cantidad de producto obtenido por unidad de área y en un tiempo determinado (Lopez,2015).

pH. – Es el potencial de hidrógeno (pondus hydrogenii), refleja la concentración de hidrógenos que hay en una solución suelo. Mediante una escala numérica del 1 al 14 la cual indica el grado de acides o alcalinidad. Siendo el pH es 7 este tiene un valor neutro es decir el grado de hidrógenos (H⁺) en la solución es igual al contenido de hidróxidos (OH⁻). Cuando el pH es mayor a 7, el suelo es alcalino o básico y cuando el pH es menor a 7, el suelo es ácido (Terrones, 2024).

Fenología. – La fenología del maíz se refiere al estudio de las diferentes etapas de desarrollo que atraviesa la planta desde la siembra hasta la cosecha. Estas etapas incluyen fases vegetativas, como la emergencia y el desarrollo de hojas, y fases reproductivas, como la floración y la formación de granos (Canchapoma, 2024).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

Esta investigación se realizó en el Centro Poblado Huacariz, San Antonio - Cajamarca ubicado en el predio de la señora María Juana Quispe Sangay, con coordenadas UTM 778934 m E y 9203401 m N con una altitud de 2653 m s. n. m. Presenta una temperatura media anual de 15.6 °C, una precipitación pluvial media anual de 729 mm, una humedad relativa media anual de 60% y un viento medio anual de 3.3 m s⁻¹ (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2024).

Figura 1

Ubicación del área de estudio.

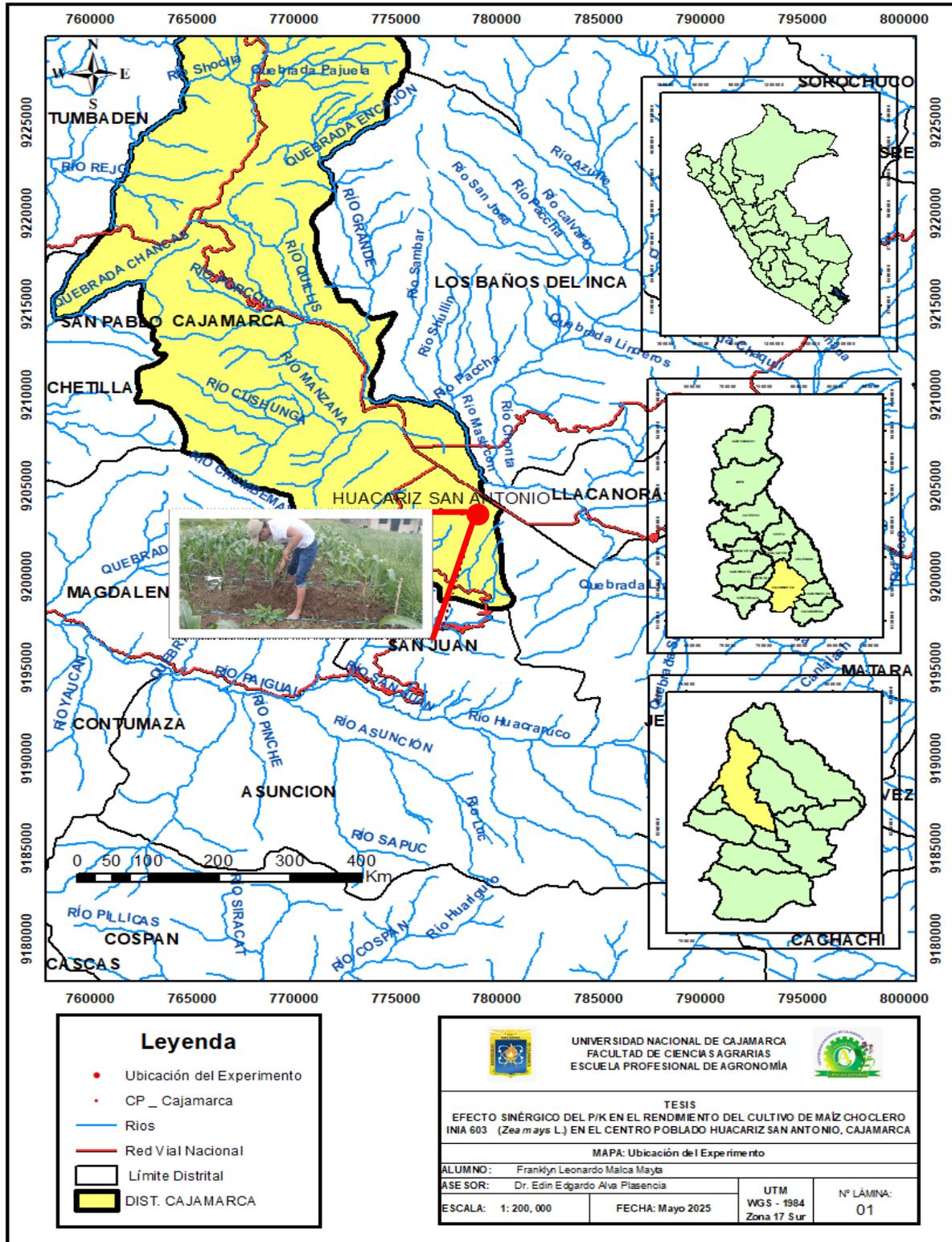
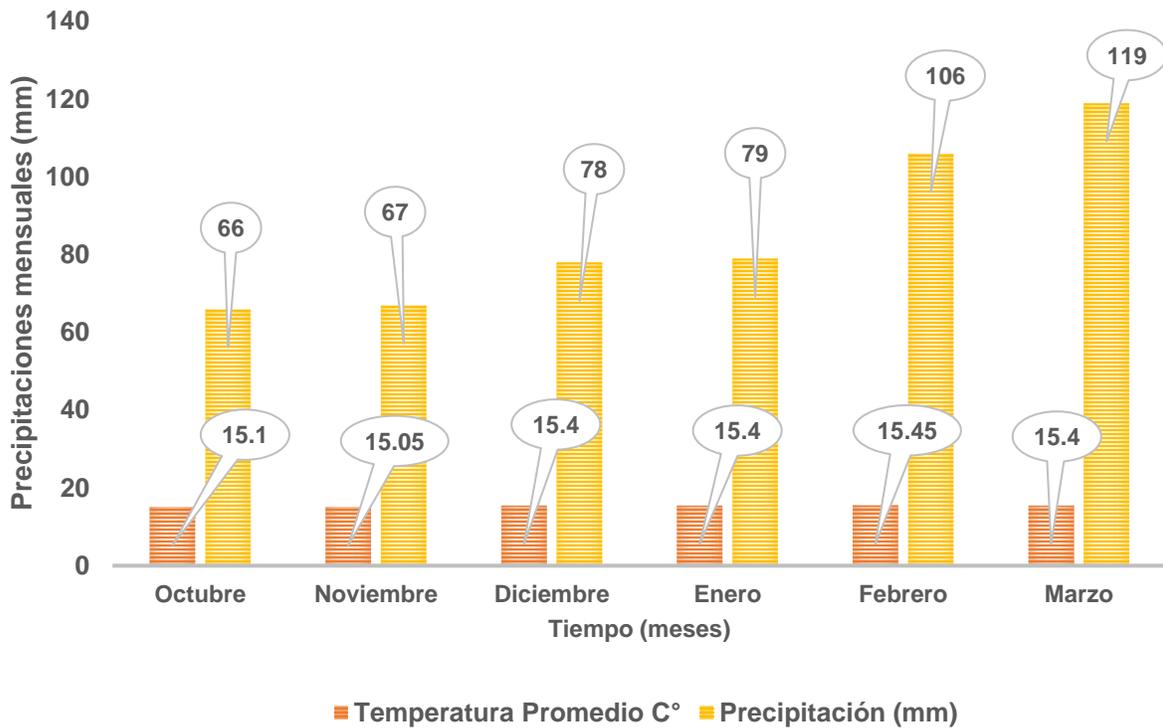


Figura 2

Datos meteorológicos mensuales registrados durante el periodo de la investigación (octubre 2024 – marzo 2025).



Fuente: SENAMHI (2024).

3.2 Materiales

3.2.1 Material biológico

- Se utilizó semilla de la variedad mejorada de maíz INIA 603 - Choclero, procedentes de la Estación Experimental Agraria - INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria) - Baños del Inca - Cajamarca.
- Muestra de suelo

3.2.2 *Materiales de campo*

- Lampa
- Palana
- Wincha
- Cordel
- Calamina
- Estacas de madera
- Etiquetas
- Balde
- Libreta

3.2.3 *Material de escritorio*

- Laptop
- Lapiceros
- Hojas bond A4
- Impresora
- Plumones

3.2.3 *Equipos*

- Mochila de fumigar
- Cámara fotográfica
- Balanza analítica
- GPS

3.2.4 Insumos

- Urea
- Superfosfato triple
- Cloruro de potasio
- Methomyl para controlar gusano cogollero (*Spodoptera frujiperda*).
- Aceite comercial para control de gusano mazorquero (*Helicoverpa zea*).

3.3 Metodología

3.3.1 Tratamientos de estudio

Tabla 1

Tratamientos de estudio

Factores	Niveles	Tratamientos
	Baja (80 kg ha ⁻¹)	T0: Testigo
Fósforo (P)	Media (120 kg ha ⁻¹)	T1: Nitrógeno - P.1 - K.1
	Alta (160 kg ha ⁻¹)	T2: Nitrógeno - P.1 - K.2
		T3: Nitrógeno - P.2 - K.1
Potasio (K)	Media (100 kg ha ⁻¹)	T4: Nitrógeno - P.2 - K.2
	Alta (150 kg ha ⁻¹)	T5: Nitrógeno - P.3 - K.1
		T6: Nitrógeno - P.3 - K.2

3.2.2 Diseño estadístico

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 7 tratamientos y 3 repeticiones, obteniendo como resultado 21 unidades experimentales.

A. Dimensiones del campo experimental

Tabla 2

Dimensiones del campo experimental

Campo experimental		
Largo	60.8	m
Ancho	4	m
Superficie total	243.2	m ²
Bloques		
N° de bloque	3	
Largo de bloque	19.6	m
Ancho de bloque	4	m
Espaciamiento entre bloque	1	m
Superficie de bloque	78.4	m ²
Unidades experimentales		
Largo	4	m
Ancho	2.8	m
Área total	11.2	m ²
Surcos		
Cantidad de surcos por UE	4	
Espaciamiento entre surcos	0.7	m
Espaciamiento entre plantas	0.4	m
Cantidad de plantas por UE	40	Unidad

Figura 3

Dimensiones de las unidades experimentales.

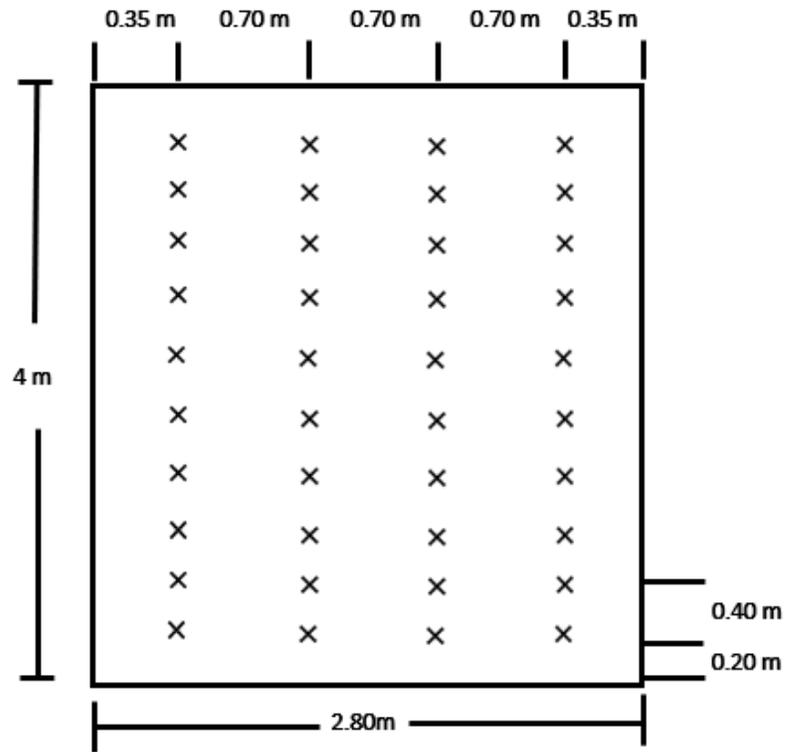
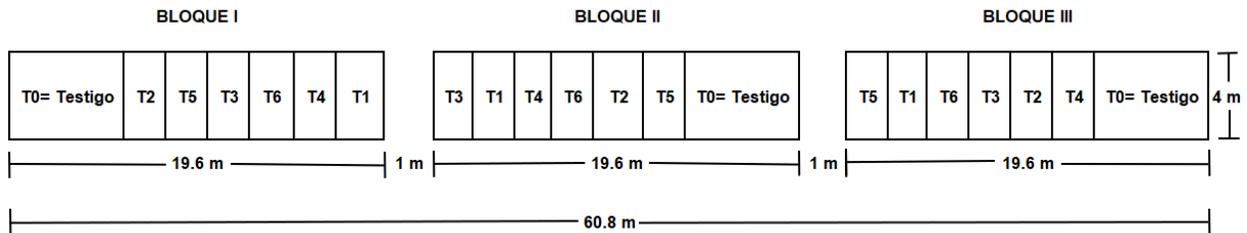


Figura 4

Dimensiones del área del experimento.



3.3.3 Instalación del experimento

A. Muestreo y análisis de suelo

Se tomó submuestras en forma de zigzag mediante una palana en forma de V en toda el área a cultivar, cada porción colectada se mezcló en forma homogénea con el fin de obtener una sola muestra representativa (1 kg aprox.); después, esta muestra se depositó en una bolsa plástica nueva previamente identificada y, finalmente, se envió al Laboratorio de Análisis de Suelos del Instituto Nacional de innovación Agraria - Baños del Inca.

Tabla 3

Resultados e interpretación de análisis de suelo del campo experimental

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	INTERPRETACIÓN
pH	uni. pH	8.1	Medianamente alcalino. Limita la disponibilidad de P y micronutrientes
Materia orgánica (M.O)	%	3.5	Medio. Mejora la fertilidad, retención de agua y disponibilidad de nutrientes.
Fósforo disponible (P)	%	<0.5	Bajo y deficiente.
Potasio disponible (K)	ppm	221.0	Alto. Se encuentra en un nivel adecuado para el cultivo.
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	%	9.5	Medio. fertilización fosfatada soluble.
Conductividad eléctrica (CE)	mS/m	<0.5	Normal. Suelo no es salino, lo cual es positivo porque no hay toxicidad por sales.

Fuente: Laboratorio de análisis de suelo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (2024). Baños del Inca-Cajamarca. La interpretación de los resultados obtenidos se llevó a cabo conforme a los lineamientos técnicos y normativas vigentes emitidas por el laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

B. Preparación del suelo

La preparación del terreno se realizó con la ayuda de un tractor. La primera arada se llevó a cabo con un mes de anticipación, seguida de una segunda arada una semana antes de la siembra para eliminar los terrones grandes. Posteriormente, se realizó el mullido. Finalmente, un día antes de la siembra, se efectuó la nivelación y un riego para brindar humedad al suelo.

C. Delimitación de parcelas

Se realizó con la ayuda de un cordel, estacas y wincha para asegurar una adecuada distribución de los bloques y de las unidades experimentales. El área total para el experimento fue de 243.2 m² la cual se dividió en tres bloques de 19.60 m cada bloque separado por 1 m de distancia, las unidades experimentales tuvieron 4 m x 2.80 m llegando un total de 11.20 m², finalmente se señaló de acuerdo a la distribución de los tratamientos en el croquis (Figura 3 y 4).

D. Fertilización

De acuerdo con la dosis establecida por el laboratorio, se optó por utilizar como fuentes de NPK a la urea, superfosfato triple y cloruro de potasio. Se realizaron los cálculos correspondientes para cada tratamiento, los cuales fueron suministrados en su totalidad al momento de la siembra, con una excepción: el

nitrógeno, el cual fue agregado la mitad durante la siembra y la otra mitad al momento del deshierbo.

Tabla 4

Cálculo de las dosis de fertilización

CÁLCULO DE DOSIS POR TRATAMIENTOS					
Recomendación por INIA para maíz choclero INIA 603	N (110 kg ha ⁻¹)	P2O5 (65 kg ha ⁻¹)	K2O (50 ka ha ⁻¹)		
Fertilizante	Dosis	kg de NPK ha⁻¹	Gramos de fertilizante por planta	Total de plantas en 3 bloques	NPK
Nitrógeno (Urea)	Homogéneo	200.00	12	720	6
Total			8.8	kg	
Fósforo (Superfosfato triple)	Bajo	80	4.9	720	2.24
	Medio	120	7.3	720	3.36
	Alto	160	9.74	720	4.5
Total			15.8	kg	
Potasio (Cloruro de potasio)	Medio	100	4.7	720	2.8
	Alto	150	7.0	720	4.2
Total			8.4	kg	

Tabla 5

Distribución de dosis por cada tratamiento

Tratamientos por cada unidad experimental	Dosis gr			Dosis (Kg Ha⁻¹)		
	N	P	K			
T0 (sin fertilización)		Testigo		0	0	0
T1 (1 dosis de P + 1 dosis de K)	12	4.9	4.7	200	80	100
T2 (1 dosis de P + 2 dosis de K)	12	4.9	7	200	80	150
T3 (2 dosis de P + 1 dosis de K)	12	7.3	4.7	200	120	100
T4 (2 dosis de P + 2 dosis de K)	12	7.3	7	200	120	150
T5 (3 dosis de P + 1 dosis de K)	12	9.7	4.7	200	160	100
T6 (3 dosis de P + 2 dosis de K)	12	9.7	7	200	160	150

E. Siembra

En primer lugar, se realizó los surcos por todas las unidades experimentales separados a 0.70 m, luego se agregó los fertilizantes en cada planta separados 0.40 m previamente pesados de acuerdo a las dosis establecidas en cada tratamiento, llegando un total de 40 plantas por parcela. Finalmente, se colocó suelo encima del sustrato y luego tres semillas por golpe y se procedió a tapar los surcos.

F. Resiembra

Se realizó luego de 10 días de la siembra con el fin de completar las plantas que fueron comidas por las aves.

G. Riegos

Los riegos se realizaron en días alternos por las tardes con la ayuda de una manguera, ya que durante la época de siembra las lluvias fueron escasas.

H. Deshierbo y segunda fertilización

Se realizó luego de un mes de haber sembrado y se agregó la segunda parte de la fertilización de urea para proporcionar el nitrógeno evitando los tres testigos los cuales no tienen aporte de fertilizante.

I. Aporque

Esta actividad se realizó 20 días después del deshierbo, en esta actividad también se eliminaron las plantas acompañantes y se agregó tierra alrededor de

la planta para brindar un mejor soporte y evitar que esta se caiga por el viento o por el peso de la planta.

J. Control fitosanitario

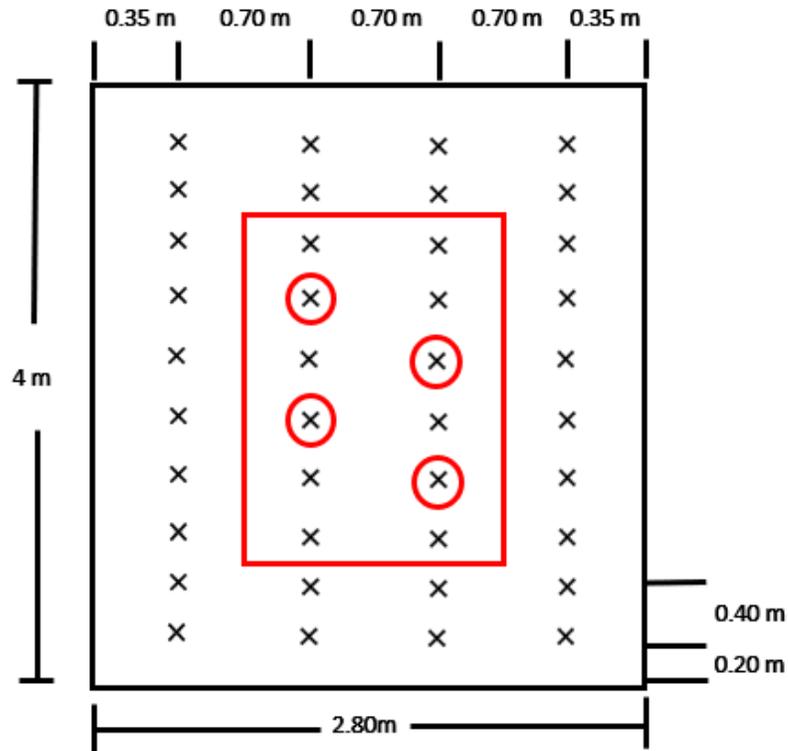
Se aplicó Methomyl en una proporción de 20 gr en 20 litros de agua para prevenir el gusano cogollero, se aplicó dos veces previamente a un monitoreo de todas las unidades experimentales. Cuando el maíz estuvo en la etapa de llenado de grano y la madurez se aplicó aceite vegetal a los estilos para evitar el ataque gusano mazorquero.

3.3.4 Variables evaluadas

Las evaluaciones se realizaron después de 160 días de haber sembrado, de cada unidad experimental se seleccionó 12 plantas centrales con la finalidad de evitar el efecto borde, de las plantas seleccionadas se evaluó la planta número 2, 4 y 3, 5 (Figura 5).

Figura 5

Distribución de plantas evaluadas.



A. Altura de planta

Para realizar la medida de esta variable se seleccionó cuatro plantas (Figura 5). La medición se realizó desde la base de la planta hasta la parte final de la flor del maíz con el uso de una wincha, dichas medidas se realizaron en la cosecha.

B. Peso de mazorca con brácteas

Los datos de esta variable se obtuvieron pesando cada una de las mazorcas de las 4 plantas (Figura 5) y cada una de ellas con todas sus respectivas brácteas.

C. *Peso de mazorca con brácteas*

Las medidas para estas variables se obtuvieron midiendo desde la base de las mazorcas hasta la parte final con la ayuda de un vernier, dichas medidas fueron registradas en cm.

D. *Longitud de mazorca sin brácteas*

Para la evaluación de esta variable se determinó pesando cada una de las mazorcas después de haber retirado todas las brácteas.

E. *Peso de granos por mazorca*

Esta variable se evaluó pensando los granos de cada una de las mazorcas luego de haberles retirado de la coronta. Se utilizó una balanza electrónica, registrando los datos en g.

F. *Número de mazorcas por planta*

Para la evaluación de esta variable se contó cada una de las mazorcas que tenía las plantas seleccionadas (Figura 5) al momento de ser cosechadas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis estadístico de las características agronómicas del cultivo de maíz choclero INIA 603

Tabla 6

Resultados de las variables evaluadas

TRATAMIENTOS	Altura de planta (cm)	Número de mazorcas por planta (u)	Longitud de mazorca sin brácteas (cm)	Peso de granos por mazorca (g)	Peso de mazorcas con brácteas (g) rendimiento	Peso de mazorcas sin brácteas (g)
T1 (80 kg P 100 kg k)	245.6	1	15.3	109.6	235.8	134.5
T2 (80 kg P 150 kg K)	245.3	1	14.7	121.8	269.6	183.2
T3 (120 kg P 100 kg K)	249.3	2	17.0	124.8	319.3	193.7
T4 (120 kg P 150 kg K)	252.8	2	19.0	155.5	380.0	263.7
T5 (160 kg P 100 kg K)	255.6	2	20.3	182.9	438.3	315.8
T6 (160 kg P 150 kg K)	257.3	3	22.0	225.8	486.8	389.6
T0 Testigo	204.9	1	12.7	85.1	191.4	107.3

La tabla muestra todas las variables evaluadas (altura de planta, número de mazorcas por planta, longitud de mazorcas por planta, peso de granos por mazorca, peso de mazorcas con brácteas y peso de mazorcas sin brácteas) en donde se muestra que los mejores resultados se obtuvieron en los tratamientos T6 (160 kg P 150 kg K) y T5 (160 kg P 100 kg K) respectivamente. Finalmente, los resultados más bajos presento el testigo en todas las variables y tratamientos presentes. Los resultados coinciden con Tejada y Santiago (2018) donde evaluando las mismas variables en maíz choclero

variedad Urubamba obtuvieron mejores resultados con dosis más bajas de 180 – 50 – 50 y 120 – 50 – 50 de NPK ha-1 pero mostrando un rendimiento similar de 17.00 t ha-1. A pesar de que se utilizaron dosis distintas se obtuvo rendimientos similares esto posiblemente se deba al lugar de siembra, factores climáticos, suelo y disponibilidad de nutrientes, podrían haber influenciado en la respuesta del cultivo a las dosis de NPK.

4.1.1 *Altura de planta de maíz Choclero INIA 603*

Tabla 7

Análisis de varianza para la altura de planta

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloque	1.83	2	0.91	0.177	0.8402
Tratamientos	5847	6	974.5	189.223	0.0000
Fósforo (P)	363.063	2	181.5313	35.249	0.0000
Potasio (K)	12.5	1	12.5	2.427	0.1452
P*K	10.5625	2	5.2813	1.025	0.3880
Error	61.84	12	5.15		
Total	6296.795	20			

CV = 0.93 %

El análisis de varianza realizado para la altura de planta del cultivo de maíz choclero INIA 603, bajo la influencia de diferentes dosis de fósforo (P) y potasio (K), muestra resultados que los bloques no presenta significación ($p = 0.8402$), lo que indica que no existieron diferencias entre los bloques respecto a la altura de planta. En cuanto al efecto de los tratamientos, el resultado fue altamente significativo ($p = 0.0000$), lo que evidencia que al menos uno de los tratamientos aplicados generó un efecto distinto en la altura de planta del maíz.

Al descomponer el efecto de los tratamientos en sus componentes factoriales, se observa que el factor fósforo (P) presentó un efecto altamente significativo ($p = 0.0000$), lo que indica que los diferentes niveles de fósforo influyeron significativamente en la altura de las plantas, es decir, que el fósforo es determinante en el crecimiento. El fósforo es fundamental en etapas tempranas del desarrollo vegetal, ya que participa en la formación de tejidos meristemáticos, acumulación de energía (ATP) y desarrollo del sistema radicular, aspectos directamente relacionados con el crecimiento en altura (Marschner, 2012). Por otra parte, Tapia et al. (2020) observaron incrementos significativos en altura de planta en maíz variedad DAS 3383 al aplicar 30 g planta de fertilización con fósforo, mientras que los tratamientos sin fósforo presentaron desarrollos significativamente menores.

Por el contrario, el factor potasio (K) no mostró un efecto estadísticamente significativo ($p = 0.1452$), lo cual indica que, dentro de los niveles evaluados, el potasio no generó un cambio significativo en la altura de planta. Asimismo, la interacción entre fósforo y potasio (P×K) no fue significativa ($p = 0.3880$), lo que implica que el efecto del fósforo sobre la altura de planta no dependió de los niveles de potasio y viceversa. Meneses (2017), en su estudio realizado en suelos con alta disponibilidad de potasio, se encontró que la fertilización potásica no tuvo efecto en el crecimiento de maíz dulce, ya que el contenido de potasio disponible en el suelo era suficiente para satisfacer las demandas del cultivo. Este tipo de resultado sugiere que, si el nivel de potasio del suelo está por encima del umbral crítico, la adición de este nutriente no tendrá un impacto visible en variables como la altura.

El coeficiente de variación obtenido es de 0.93 %, lo que se considera adecuado para el experimento realizado. Este valor refleja una baja variabilidad de los resultados de la altura de planta de maíz dentro de cada tratamiento evaluado, lo que indica una buena confiabilidad de los resultados obtenidos respecto a esta variable.

Tabla 8

Prueba de Tukey para los tratamientos frente al testigo

Tratamientos	Fósforo (kg ha-1)	Potasio (kg ha-1)	Altura de planta (cm)	Agrupación
T6	160	150	257.33	A
T5	160	100	255.58	A
T4	120	150	252.83	A
T3	120	100	249.33	A
T1	80	100	245.58	A
T2	80	150	245.33	A
T0	Testigo		204.92	B

Los resultados de la prueba de Tukey aplicados a la variable altura de planta (cm) evidencian que todos los tratamientos que combinan distintas dosis de fósforo y potasio pertenecen al mismo grupo estadístico (grupo A), lo que indica que no existen diferencias significativas entre ellos. No obstante, todos estos tratamientos presentan diferencias estadísticamente significativas respecto al testigo, el cual se ubica en un grupo separado (grupo B), con una altura promedio considerablemente menor (204.92 cm). Esta diferencia resalta el efecto positivo de la fertilización con fósforo y potasio sobre el crecimiento en altura del maíz choclero INIA 603, independientemente de la combinación específica de dosis utilizadas. Asimismo, en concordancia con los resultados del análisis

de varianza, no se detectó interacción significativa entre los factores fósforo y potasio, lo que indica que su efecto sobre la altura de planta es independiente y no presenta sinergia estadísticamente comprobable en las condiciones evaluadas.

Tabla 9

Prueba de Tukey para los factores de manera independiente

Fósforo (kg ha-1)	Altura de planta (cm)	Agrupación
160	256.46	A
120	251.08	B
80	245.46	C

Potasio (kg ha-1)	Altura de planta (cm)	Agrupación
100	250.17	-
150	251.83	-

La prueba de Tukey realizada para la altura de planta (cm) indica que, en el caso del fósforo, los resultados muestran que todos los niveles evaluados se comportan de manera significativamente distinta entre sí. El fósforo a 160 kg ha-1 obtuvo la mayor altura promedio de planta (256.46 cm) y se ubicó en un grupo estadísticamente superior (grupo A), seguido por 120 kg ha-1 (251.08 cm) en un grupo diferente (grupo B), y finalmente 80 kg ha-1 de fósforo (245.46 cm), que se agrupó en el nivel más bajo de rendimiento (grupo C).

Esta separación clara entre grupos indica que el incremento en los niveles de fósforo tiene un efecto positivo y significativo sobre el crecimiento en altura del cultivo, demostrando que una mayor disponibilidad de este nutriente favorece el desarrollo

vegetativo del maíz choclero. En comparación, los resultados obtenidos para el potasio no muestran diferencias estadísticas entre sus dos niveles evaluados. Tanto la dosis de 100 kg ha⁻¹ (250.17 cm) como la de 150 kg ha⁻¹ (251.83 cm) presentan promedios similares y no han sido diferenciados estadísticamente. Los datos encontrados son superiores a los encontrados por Aguilar (2019) donde al utilizar 226 N – 96 P – 144 K ha⁻¹, obtuvo mayor altura de planta, con 216,88 cm, estadísticamente igual a todos los tratamientos, siendo el menor valor su tratamiento T3 en dosis de 40 % (60 % eficiencia N-P-K), con 114,63 cm.

4.1.2 Número de mazorcas por planta de maíz Choclero INIA 603

Tabla 10

Análisis de varianza para el número de mazorcas por planta

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloque	0.0488	2	0.0244	0.824	0.462
Tratamientos	0.8132	6	0.1355	4.578	0.012
Fósforo (P)	0.4341	2	0.2171	7.334	0.008
Potasio (K)	0.0613	1	0.0613	2.071	0.176
P*K	0.035	2	0.0175	0.591	0.569
Error	0.3557	12	0.0296		
Total	1.7481	20			

CV = 13.41 %

El análisis de varianza realizado para el número de mazorcas por planta en el cultivo de maíz choclero INIA 603, muestra que los bloques no presentan significación estadística ($p = 0.462$), lo que indica que no existieron diferencias atribuibles a los bloques en esta variable. En cuanto al efecto de los tratamientos, se encontró un resultado significativo ($p = 0.012$), lo que evidencia que al menos uno de los tratamientos aplicados generó un efecto diferencial en el número de mazorcas por planta.

Al descomponer el efecto de los tratamientos en sus componentes factoriales, se observa que el factor fósforo (P) presentó un efecto significativo ($p = 0.008$), lo que indica que las diferentes dosis de fósforo influyeron de manera significativa en la producción de mazorcas, reflejando que este nutriente cumple un rol determinante en la generación de estructuras reproductivas en el cultivo. En este mismo sentido, estudios como el de Fageria et al. (2011) reportan que el fósforo no solo incrementa el número de mazorcas, sino que también mejora la sincronización entre floración masculina y femenina, factor clave para una fecundación efectiva en el maíz. La aplicación de dosis óptimas de fósforo ha sido asociada con un mayor número de estructuras reproductivas viables.

Por el contrario, el factor potasio (K) no mostró un efecto estadísticamente significativo ($p = 0.176$), lo cual indica que, dentro de las dosis evaluados, el potasio no produjo un cambio relevante en esta variable.

Asimismo, la interacción entre fósforo y potasio ($P*K$) tampoco fue significativa ($p = 0.569$), lo que implica que el efecto del fósforo sobre el número de mazorcas por planta no dependió de las dosis de potasio y viceversa. Los datos encontrados son superiores a los que encontró Torres (2015) que usando (100 kg de fósforo/ha) logró obtener 1.72 mazorcas por plantas superando estadísticamente al testigo donde solamente utilizó (25 kg de fósforo/ha) ocupando último lugar con 1.34 mazorcas por planta. De igual forma nuestros datos son superiores a los que encontraron Tejada y Santiago (2018) que al usar solamente 120-50-50 de NPK solamente obtuvieron 1.23 de mazorcas por planta, lo que muestra que a dosis más altas de NPK los resultados serán mejores en cuanto al número de mazorcas por planta.

El coeficiente de variación obtenido es de 13.41 %, lo que se considera adecuado para el experimento realizado. Este valor refleja una regular variabilidad de los resultados de la numero de mazorcas por planta dentro de cada tratamiento evaluado, lo que indica una buena confiabilidad de los resultados obtenidos respecto a esta variable.

Tabla 11

Prueba de Tukey para los tratamientos frente al testigo en el número de mazorcas por planta

Tratamientos	Fósforo (kg ha-1)	Potasio (kg ha-1)	Número de mazorcas	Agrupación
T6	160	150	3	A
T4	120	150	2	A
T5	160	100	2	A
T3	120	100	2	A
T1	80	100	2	A
T2	80	150	2	A
T0	Testigo		1	B

Los resultados de la prueba de Tukey aplicados a la variable número de mazorcas por planta evidencian que todos los tratamientos que combinan distintas dosis de fósforo y potasio pertenecen al mismo grupo estadístico (grupo A), lo que indica que no existen diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, todos estos tratamientos difieren estadísticamente del testigo, el cual se ubica en un grupo separado (grupo B), con un promedio inferior de solo una mazorca por planta. Esta diferencia resalta el efecto positivo de la fertilización con fósforo y potasio sobre la productividad reproductiva del maíz choclero INIA 603, independientemente de la combinación específica de dosis utilizadas. En este sentido, la aplicación de estos nutrientes mejora significativamente el

número de mazorcas por planta en comparación con el cultivo no fertilizado. Asimismo, de acuerdo con los resultados del análisis de varianza, no se detectó interacción significativa entre los factores fósforo y potasio, lo que indica que su efecto sobre esta variable es independiente y no presenta sinergia estadísticamente comprobable en las condiciones experimentales evaluadas.

Tabla 12

Prueba de Tukey para los factores de manera independiente en el número de mazorcas por planta

Fósforo (kg ha-1)	Número de mazorcas	Agrupación
160	2	A
120	2	A
80	1	B
Potasio (kg ha-1)	Número de mazorcas	Agrupación
100	2	-
150	2	-

La prueba de Tukey aplicada al número de mazorcas por planta en el cultivo de maíz choclero INIA 603 revela diferencias significativas entre los niveles del factor fósforo (P), mientras que no se observan diferencias estadísticas entre los niveles del factor potasio (K). En el caso del fósforo, tanto a la dosis de 160 kg ha-1 como a 120 kg ha-1 obtuvieron un promedio de 2 mazorcas por planta y se ubicaron en el mismo grupo estadístico (grupo A), lo que indica que se comportaron de manera similar entre sí. Por el contrario, la dosis 80 kg ha-1 de fósforo alcanzó un promedio de solo 1 mazorca por planta y se situó en un grupo estadísticamente inferior (grupo B). Estas diferencias indican que un menor aporte de fósforo limita la formación de estructuras reproductivas,

mientras que las dosis de 120 y 160 kg ha⁻¹ de este nutriente promueven un rendimiento superior en términos del número de mazorcas.

En cuanto al potasio, ambas dosis evaluadas (100-150 kg ha⁻¹) obtuvieron el mismo promedio de 2 mazorcas por planta y no presentan distinción estadística, lo que coincide con los resultados del análisis de varianza, donde este factor no resultó significativo. Esto implica que, en el rango de dosis evaluado, el potasio no ejerció una influencia significativa sobre la cantidad de mazorcas producidas por planta.

4.1.3 Longitud de mazorca sin brácteas de maíz Choclero INIA 603

Tabla 13

Análisis de varianza para la longitud de mazorca sin brácteas

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloque	2	2	1	0.818	0.455
Tratamientos	199.619	6	33.2698	27.221	0.000
Fósforo (P)	114.1111	2	57.0556	46.683	0.000
Potasio (K)	4.5	1	4.5	3.682	0.069
P*K	6.3333	2	3.1667	2.591	0.100
Error	14.6667	12	1.2222		
Total	341.2301	20			

CV = 6.40 %

El análisis de varianza realizado para la longitud de mazorca sin brácteas en el cultivo de maíz choclero INIA 603 indica que el efecto de los bloques no fue estadísticamente significativo ($p = 0.455$), lo que indica que no existieron diferencias atribuibles a la diferencia entre bloques en esta variable. En cambio, el efecto de los tratamientos fue altamente significativo ($p = 0.000$), lo cual evidencia que al menos uno

de los tratamientos aplicados generó un efecto diferencial sobre la longitud de las mazorcas sin brácteas.

Al analizar los factores por separado, se observa que el fósforo (P) presentó un efecto altamente significativo ($p = 0.000$), lo que indica que las diferentes dosis de este nutriente influyeron significativamente en el alargamiento de las mazorcas. Esto resalta el rol determinante del fósforo en el desarrollo morfológico del cultivo. En cuanto a esta variable los datos encontrados en nuestra investigación son superiores a los que encontró Torres (2015) que usando ($100 \text{ kg de fósforo ha}^{-1}$) obtuvo un promedio de 17.94 cm de longitud siendo este su mejor tratamiento y superando estadísticamente a su T1 donde solamente utilizó ($25 \text{ kg de fósforo ha}^{-1}$) ocupando el último lugar con 14.19 cm de longitud.

Por su parte, el potasio (K) mostró un valor de $p = 0.069$, el cual no alcanza el umbral de significancia estadística establecido ($\alpha = 0.05$) indicando que bajos los niveles este factor la longitud de las mazorcas no se diferencian.

En cuanto a la interacción entre fósforo y potasio (P*K), no se detectó significancia estadística ($p = 0.100$), lo cual implica que el efecto del fósforo sobre la longitud de mazorca no depende de los niveles de potasio, y viceversa. Es decir, ambos factores actuaron de forma independiente sobre la longitud de las mazorcas en las condiciones evaluadas. Este hallazgo es congruente con estudios como el de Oliveira et al. (2010), quienes evaluaron la respuesta del maíz a diferentes combinaciones de fósforo y potasio y no encontraron una interacción significativa sobre la longitud de mazorca, aunque sí sobre otras variables como el peso de grano y el número de granos por hilera. Por otra parte, Ramos et al. (2013) concluyeron que el fósforo tuvo un efecto principal en el

desarrollo longitudinal de la mazorca, mientras que el potasio influyó más en el peso total de mazorca y la calidad del grano.

El coeficiente de variación obtenido es de 6.40 %, lo que se considera adecuado para el experimento realizado. Este valor refleja una regular variabilidad de los resultados para la longitud de mazorcas sin brácteas dentro de cada tratamiento evaluado, lo que indica una buena confiabilidad de los resultados obtenidos respecto a esta variable.

Tabla 14

Prueba de Tukey para los tratamientos frente al testigo en la longitud de mazorca sin brácteas

Tratamientos	Fósforo (kg ha ⁻¹)	Potasio (kg ha ⁻¹)	Longitud (cm)	Agrupación
T6	160	150	22.00	A
T5	160	100	20.33	A
T4	120	150	19.00	AB
T3	120	100	17.00	BC
T1	80	100	15.33	CD
T2	80	150	14.67	D
T0	Testigo		12.67	E

Los resultados de la prueba de Tukey aplicados para la longitud de mazorca sin brácteas evidencian diferencias estadísticamente significativas entre varios de los tratamientos evaluados. Las combinaciones 160 kg ha⁻¹ de fósforo con 150 kg ha⁻¹ de potasio se obtuvieron (22 cm) y la dosis de 160 kg ha⁻¹ de fósforo con 100 kg ha⁻¹ de potasio (20.33 cm) se ubican en el grupo estadístico A, lo que indica que son los tratamientos más efectivos para incrementar la longitud de las mazorcas. A estos les siguen los tratamientos con 120 kg ha⁻¹ de fósforo y 150 kg ha⁻¹ de potasio (19 cm) y 120 kg ha⁻¹ de fósforo con 100 kg ha⁻¹ de potasio (17 cm), que se posicionan en los

grupos AB y BC respectivamente, reflejando una reducción progresiva de la longitud conforme disminuye la dosis de fósforo.

Por su parte, los tratamientos con 80 kg ha⁻¹ de fósforo (combinado con 100 y 150 kg ha⁻¹ de potasio) mostraron longitudes inferiores (15.33 cm y 14.67 cm), agrupándose en los niveles CD, lo cual demuestra una disminución significativa del rendimiento morfológico del cultivo ante niveles bajos de fósforo. Finalmente, el testigo, sin fertilización, registró la menor longitud promedio (12.67 cm), ubicándose en el grupo E, separado estadísticamente del resto de tratamientos.

Tabla 15

Prueba de Tukey para los factores de manera independiente en la longitud de mazorca sin brácteas

Fósforo (kg ha⁻¹)	Longitud (cm)	Agrupación
160	21.17	A
120	18	B
80	15	C
Potasio (kg ha⁻¹)	Longitud (cm)	Agrupación
150	18.56	-
100	17.56	-

La prueba de Tukey aplicada a la longitud de mazorca sin brácteas muestra que el fósforo, en las tres dosis (80-120-160 kg ha⁻¹) se agrupan de forma distinta. La dosis de 160 kg ha⁻¹ obtuvo la mayor longitud promedio (21.17 cm) y se ubicó en el grupo A, seguido de 120 kg ha⁻¹ (18 cm) en el grupo B, y finalmente la dosis de 80 kg ha⁻¹ (15 cm) en el grupo C. Esta diferencia indica que cada incremento en la dosis de fósforo

genera un efecto positivo y significativo sobre la longitud de las mazorcas. Respecto al potasio con 150 kg ha⁻¹ presentó un promedio ligeramente superior (18.56 cm) a 100 kg ha⁻¹ (17.56 cm), ambos valores no se diferencian estadísticamente, lo cual es consistente con los resultados del análisis de varianza donde el potasio no alcanzó significancia estadística.

Esta diferencia entre el testigo y todos los tratamientos fertilizados evidencia el efecto positivo de la aplicación de fósforo y potasio sobre la longitud de mazorca sin brácteas en el maíz choclero INIA 603. A pesar de que la interacción entre los factores no resultó estadísticamente significativa en el análisis de varianza, los resultados de la prueba de Tukey reflejan una tendencia consistente, a mayor disponibilidad de fósforo, mayor desarrollo en longitud, con una ligera contribución del potasio. De igual forma, Rengel (2015) destaca que el fósforo tiene un papel clave en la estructura celular y en la señalización metabólica, promoviendo un desarrollo óptimo de las estructuras reproductivas en maíz, mientras que el potasio favorece la resistencia a estrés abiótico, pero con menor efecto directo sobre la longitud.

4.1.4 Peso de granos por mazorca de maíz Choclero INIA 603

Tabla 16

Análisis de varianza para el peso de granos por mazorca

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloque	77.8095	2	38.9048	3.1503903	0.079
Tratamientos	41803.2381	6	6967.2063	564.18281	0.000
Fósforo (P)	25310.1111	2	12655.0556	1024.7672	0.000
Potasio (K)	3669.3889	1	3669.3889	297.13576	0.000
P*K	718.7778	2	359.3889	29.102201	0.000
Error	148.1905	12	12.3492		
Total	71727.5159	20			

CV = 2.44 %

El análisis de varianza realizado para el peso de granos por mazorca en el cultivo de maíz choclero INIA 603 muestra que el efecto de los bloques no fue estadísticamente significativo ($p = 0.079$), lo que indica que las diferencias entre bloques no influyeron de manera considerable en el peso de granos. Sin embargo, el efecto de los tratamientos fue altamente significativo ($p = 0.000$), lo cual evidencia que al menos uno de los tratamientos generó un efecto distinto sobre el peso de granos por mazorca.

Al descomponer el efecto de los tratamientos en sus componentes, se observa que tanto el fósforo (P) como el potasio (K) presentaron efectos altamente significativos, con valores de p iguales a 0.000 en ambos casos. Indicando que los distintos niveles de manera independiente influyen de manera significativa en el peso de granos por mazorca. Estos resultados son consistentes y superiores a los resultados de Elías (2018), quien evaluó el efecto de la fertilización NPK en maíz amarillo duro en la costa central del Perú y reportó que la combinación de 150-120-120 kg/ha de N-P-K alcanzó un peso promedio de 215 g por mazorca, siendo esta una de las dosis más efectivas en

términos de rendimiento. Igualmente, Rodríguez et al. (2020), en un estudio realizado en suelos francos de la región de Junín, observaron que el tratamiento con 180 kg/ha de P y 140 kg/ha de K produjo un peso promedio de 220 g por mazorca, destacando también la respuesta significativa de esta variable al fósforo y potasio aplicados.

Además, se detectó una interacción significativa entre fósforo y potasio ($p = 0.000$), lo que indica que el efecto de uno de estos nutrientes depende del nivel del otro. Esta interacción significativa refleja un efecto sinérgico, donde ciertas combinaciones de fósforo y potasio producen resultados superiores.

El coeficiente de variación obtenido es de 2.44 %, lo que se considera adecuado para el experimento realizado. Este valor refleja una regular variabilidad de los resultados para el peso de granos por mazorcas dentro de cada tratamiento evaluado, lo que indica una buena confiabilidad de los resultados obtenidos respecto a esta variable.

Tabla 17

Prueba de Tukey para los tratamientos frente al testigo en el peso de granos por mazorca

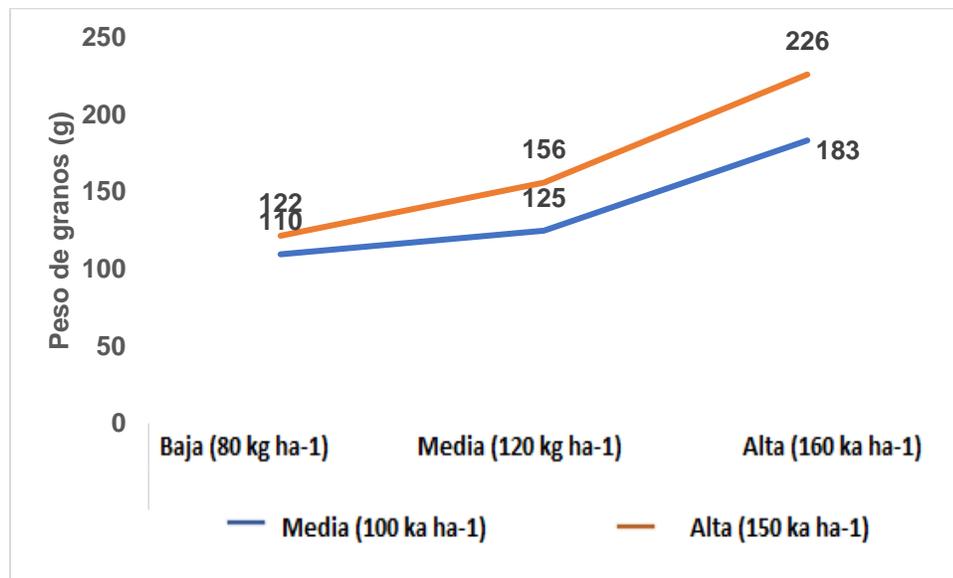
Tratamientos	Fósforo (kg ha ⁻¹)	Potasio (kg ha ⁻¹)	Peso de granos por mazorca (g)	Agrupación
T6	160	150	226	A
T5	160	100	183.33	B
T4	120	150	156	C
T3	120	100	125	D
T2	80	150	121.67	D
T1	80	100	109.67	E
T0	Testigo		85	F

La prueba de Tukey para el peso de granos por mazorca muestra que el tratamiento con dosis de 160 kg ha⁻¹ de fósforo y 150 kg ha⁻¹ de potasio obtuvo el mayor promedio (226 g), ubicándose en el grupo A, lo que refleja un rendimiento superior y el efecto conjunto más eficiente sobre esta variable. Además, medida que se reduce la dosis de fósforo, se observa una disminución progresiva en el peso de granos por mazorca. El tratamiento con 160 kg ha⁻¹ de fósforo y 100 kg ha⁻¹ de potasio alcanzó 183.33 g (grupo B), mientras que combinaciones con dosis de 120 kg ha⁻¹ de fósforo (156 g y 125 g) y 80 kg ha⁻¹ (121.67 g y 109.67 g) ocuparon los grupos C, D y E, respectivamente. El tratamiento testigo, sin aplicación de fertilizantes, presentó el menor valor (85 g), ubicándose en el grupo F, significativamente separado del resto.

Estos resultados confirman el efecto positivo y diferenciado de la fertilización en el rendimiento del maíz choclero INIA 603. Además, en concordancia con los resultados del análisis de varianza, se detectó una interacción estadísticamente significativa entre fósforo y potasio, lo que demuestra que existe un efecto asociado entre los tratamientos provenientes de la combinación de ambos nutrientes. Es decir, el efecto de uno depende de la dosis del otro, generando respuestas superiores cuando se aplican de forma conjunta y en niveles adecuados.

Figura 6

Efecto de interacción del fósforo y potasio en el peso de granos por mazorca.



La Figura muestra que el peso de granos por mazorca incrementa progresivamente de 110 g con fósforo bajo, a 125 g con fósforo medio, y alcanza los 183 g con fósforo alto. Esta misma tendencia se observa cuando el potasio es aplicado en dosis altas, donde el peso asciende de 122 g con 80 kg ha-1 de fósforo, a 156 g con 120 kg ha-1, y finalmente a 226 g con 160 kg ha-1 de fósforo. Estos resultados indican que el fósforo tiene un efecto más marcado sobre el incremento del peso de granos, pero que este efecto se ve fortalecido al incrementarse simultáneamente la dosis de potasio.

La comparación dentro de cada dosis de fósforo también permite identificar el aporte del potasio. Con fósforo a 80 kg ha-1, el incremento de potasio de 100 kg ha-1 a 150 kg ha-1 mejora el peso en 12 g; con fósforo a 120 kg ha-1, el aumento es de 31 g; y con fósforo a 160 kg ha-1, el efecto del potasio se amplifica hasta alcanzar una diferencia de 43 g. Esta interacción progresiva evidencia que la combinación de ambos nutrientes no solo es beneficiosa, sino que produce un efecto sinérgico que se intensifica cuando

ambos factores se encuentran en dosis altas. Este hallazgo es consistente con lo reportado por González et al. (2019), quienes encontraron que el suministro combinado de fósforo y potasio en maíz mejoró significativamente el número de granos por mazorca y su peso, en comparación con la aplicación de nutrientes por separado. Según estos autores, el fósforo favorece una adecuada formación de flores y mazorcas, mientras que el potasio promueve el llenado de grano al regular el transporte de fotoasimilados hacia los órganos de almacenamiento. Pérez-Gutiérrez et al. (2021) reportaron que la fertilización con NPK y silicio mejora el rendimiento del maíz debido al aumento en tamaño y peso de las mazorcas, destacando el rol fundamental del fósforo en el llenado de grano. Por su parte, Haifa Group (2019) explicó que la acumulación adecuada de fósforo y potasio facilita la síntesis y el transporte de carbohidratos hacia el grano, lo cual favorece el desarrollo y peso del mismo. Finalmente, estudios realizados por Santos et al. (2015) mostraron que el potasio es esencial para regular la presión osmótica en células del grano, lo que influye directamente en la calidad y peso final del grano, mientras que López et al. (2019) destacaron que el fósforo es determinante en el desarrollo radicular, mejorando la absorción de nutrientes y el posterior llenado del grano.

4.1.5 Peso de mazorcas (kg ha⁻¹) con brácteas de maíz Choclero INIA 603

Tabla 18

Análisis de varianza para el peso de mazorcas con brácteas

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloque	172.6667	2	86.3333	1.926	0.188
Tratamientos	212030.29	6	35338.381	788.217	0.000
Fósforo (P)	132330.33	2	66165.167	1475.804	0.000
Potasio (K)	10272.222	1	10272.222	229.120	0.000
P*K	547.4444	2	273.7222	6.105	0.015
Error	538	12	44.8333	1.000	
Total	355890.95	20			

CV = 2.06 %

El análisis de varianza realizado para el peso de mazorcas con brácteas en el cultivo de maíz choclero INIA 603 muestra que el efecto de los bloques no fue estadísticamente significativo ($p = 0.188$), lo cual indica que no existieron diferencias atribuibles a las diferencias entre bloques. Sin embargo, se evidencia un efecto altamente significativo de los tratamientos aplicados ($p = 0.000$), lo que confirma que al menos uno de ellos generó un efecto diferencial en el peso de las mazorcas.

Al descomponer el efecto de los tratamientos en sus factores individuales, se observa que tanto el fósforo (P) como el potasio (K) presentaron efectos altamente significativos, con valores de p iguales a 0.000 en ambos casos. Esto indica que las dosis evaluadas de estos nutrientes influyeron de manera significativa sobre el peso de las mazorcas con brácteas. Además, se identificó una interacción significativa entre fósforo y potasio (P*K), con un valor de $p = 0.015$, lo que implica que el efecto de uno de los

nutrientes sobre el peso de las mazorcas depende de la dosis del otro nutriente. Esta interacción significativa indica una relación sinérgica entre ambos factores, en la cual ciertas combinaciones específicas de fósforo y potasio potencian de manera conjunta el rendimiento en esta variable. Estos hallazgos coinciden con los reportados por Campos Raymundo (2015), quien encontró que las combinaciones de 180-100-90 kg ha⁻¹ de NPK generaron los mayores rendimientos de maíz amarillo duro en la provincia de Llaylla, Junín. El autor observó que el fósforo promovió el desarrollo de estructuras reproductivas, mientras que el potasio contribuyó a la formación de granos con mayor peso específico. Asimismo, Espinoza-Huamán, Correa-Vásquez y Vallejos-Mogollón (2024), en una investigación realizada en Piura, demostraron que el rendimiento de maíz amarillo duro se incrementó significativamente cuando se aplicaron conjuntamente dosis de 150 kg ha⁻¹ de fósforo y 120 kg ha⁻¹ de potasio, obteniendo hasta 14.245 kg ha⁻¹ de grano seco, cifra superior a la de los tratamientos individuales. Estos autores concluyeron que el fósforo mejoró el cuajado de mazorcas y que el potasio aumentó el llenado de grano, efectos que demostraron un efecto sinérgico entre ambos.

El coeficiente de variación obtenido es de 2.06 %, lo que se considera adecuado para el experimento realizado. Este valor refleja una regular variabilidad de los resultados para el peso de mazorcas con brácteas dentro de cada tratamiento evaluado, lo que indica una buena confiabilidad de los resultados obtenidos respecto a esta variable.

Tabla 19

Prueba de Tukey para los tratamientos frente al testigo en peso de mazorcas con brácteas

Tratamientos	Fósforo (kg ha-1)	Potasio (kg ha-1)	Rendimiento (kg ha-1)	Agrupación
T6	160	150	17.381	A
T5	160	100	15.655	B
T4	120	150	13.583	C
T3	120	100	11.405	D
T2	80	150	9.631	E
T1	80	100	8.417	F
T0	Testigo		6.833	G

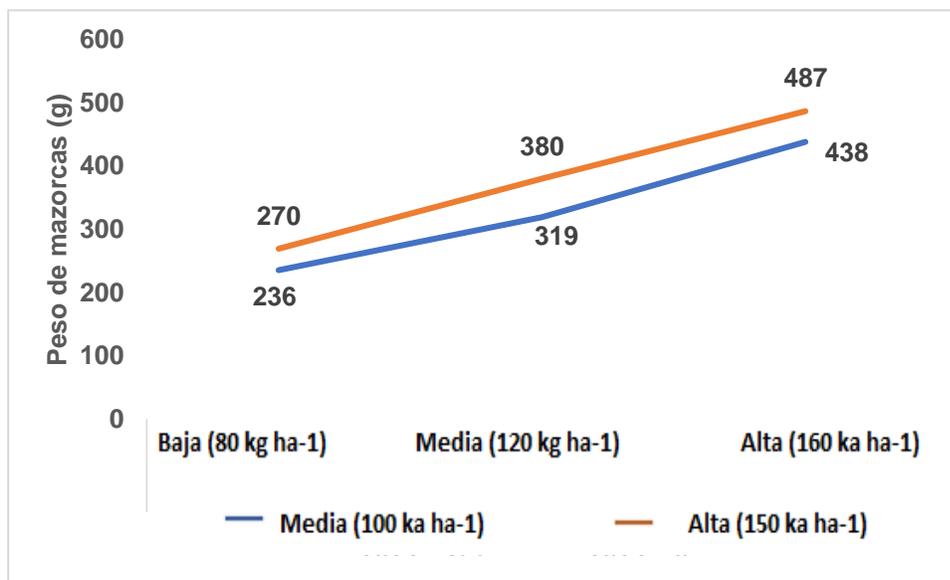
La prueba de Tukey aplicada al peso de mazorcas con brácteas evidencia diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos evaluados, los cuales corresponden a distintas combinaciones de dosis de fósforo y potasio. Cada uno de los tratamientos pertenece a un grupo estadístico diferente, lo que indica que su efecto sobre el peso de las mazorcas difiere significativamente entre sí. En particular, el tratamiento con fósforo y potasio en dosis altas obtuvo el mayor peso promedio (486.67 g), ubicándose en el grupo A, mientras que el tratamiento testigo, sin aplicación de nutrientes, registró el menor valor (191.33 g), agrupado en el nivel G. Esta diferencia entre grupos evidencia el impacto positivo de la fertilización combinada sobre el rendimiento del cultivo.

Además, estos resultados se alinean con el análisis de varianza, en el cual se detectó una interacción significativa entre los factores fósforo y potasio. Esto indica que el efecto de cada nutriente sobre el peso de las mazorcas depende de la dosis del otro,

es decir, existe una relación sinérgica entre ambos. En conjunto, los hallazgos confirman que la aplicación estratégica de fósforo y potasio, en dosis adecuadas y combinadas, es significativa para optimizar el peso de las mazorcas con brácteas en el cultivo de maíz choclero INIA 603.

Figura 7

Efecto de interacción del fósforo y potasio en el peso de mazorca (kg ha⁻¹) con brácteas.



La Figura muestra los efectos combinados de las dosis de fósforo y potasio sobre el peso de mazorcas con brácteas, los cuales muestran que a medida que se incrementa la concentración de fósforo, el peso de las mazorcas también aumenta de manera consistente, independientemente de la dosis de potasio. Al utilizar 100 kg ha⁻¹ de potasio, el peso de las mazorcas pasa de 236 g con 80 kg ha⁻¹ de fósforo, a 319 g con 120 kg ha⁻¹ de fósforo, y alcanza los 438 g con 160 kg ha⁻¹ de fósforo. Este mismo

patrón se mantiene cuando el potasio está a 150 80 kg ha⁻¹, donde los pesos ascienden de 270 g, a 380 g y finalmente a 487 g. Los datos coinciden con Oliveira, Medeiros y Nascimento (2010) donde encontraron que la aplicación conjunta de fósforo y potasio produjo incrementos significativos en el rendimiento de maíz, donde dosis altas de ambos nutrientes favorecieron el aumento del peso de mazorcas y granos. En su estudio, el incremento de potasio de 80 a 150 kg ha⁻¹ potenció los efectos del fósforo, resultando en un aumento de hasta un 40 % en el peso de mazorcas, reflejando un efecto sinérgico entre ambos nutrientes. De manera similar, Rodríguez, Huamán y Cárdenas (2020) reportaron que la fertilización con 120 a 160 kg ha⁻¹ de fósforo, combinada con 140 a 150 kg ha⁻¹ de potasio, mejoró significativamente el peso y tamaño de las mazorcas en maíz cultivado en suelos francos.

Asimismo, el aumento del potasio también contribuye a mejorar el peso de las mazorcas dentro de cada nivel de fósforo. Cuando el fósforo está a 80 kg ha⁻¹, el incremento del potasio de 100 a 150 kg ha⁻¹ mejora el peso de 236 g a 270 g. Este efecto positivo del potasio se amplifica a medida que el fósforo también aumenta, mostrando una ganancia de 61 a dosis de 120 kg ha⁻¹ de fósforo (de 319 a 380 g), y de 49 g a 160 kg ha⁻¹ (de 438 a 487 g). Finalmente, con el T6 utilizando 200-160-150 de NPK logramos obtener el mejor rendimiento con un total de 17.381 (kg/ha⁻¹) y siendo el más bajo el testigo que solamente se logró obtener 6.833 (kg/ha⁻¹). Los datos de los mejores rendimientos coinciden con los que fueron encontrados por Tejada y Santiago (2018) que al utilizar dosis de 150-50-50 de NPK que al ser más bajas obtuvieron 17 000 (kg/ha⁻¹) en maíz choclero variedad Urubamba en Huarica-Pasco.

4.1.6 Peso de mazorcas (kg ha⁻¹) sin brácteas de maíz Choclero INIA 603

Tabla 20

Análisis de varianza para el peso de mazorcas sin brácteas

CV = 2.13 %

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloque	50.6667	2	25.3333	1.083	0.369
Tratamientos	185026.48	6	30837.746	1318.478	0.000
Fósforo (P)	115824	2	57912	2476.046	0.000
Potasio (K)	18624.5	1	18624.5	796.297	0.000
P*K	537.3333	2	268.6667	11.487	0.002
Error	280.6667	12	23.3889		
Total	320343.64	20			

El análisis de varianza realizado para el peso de mazorcas sin brácteas en el cultivo de maíz choclero INIA 603 muestra que el efecto de los bloques no fue estadísticamente significativo ($p = 0.369$), lo que indica que no existieron diferencias atribuibles a los bloques.

En contraste, el efecto de los tratamientos fue altamente significativo ($p = 0.000$), lo cual demuestra que al menos uno de los tratamientos aplicados generó un efecto diferenciado en el peso de las mazorcas sin brácteas.

Al descomponer el efecto de los tratamientos en sus componentes factoriales, se observa que tanto el fósforo (P) como el potasio (K) tuvieron efectos altamente significativos, con valores de p igual a 0.000 en ambos casos. Esto indica que las diferentes dosis de estos nutrientes influyeron de forma contundente sobre el peso de las mazorcas sin brácteas, siendo el fósforo el factor con mayor impacto. Además, se detectó una interacción significativa entre fósforo y potasio ($p = 0.002$), lo que sugiere

que el efecto de uno de los nutrientes depende de la dosis del otro, es decir, existe un efecto sinérgico entre ambos factores en el peso de mazorcas sin brácteas. Estos resultados coinciden con lo reportado por González y Gómez (2022), quienes evaluaron diferentes combinaciones de nitrógeno, fósforo y potasio en el híbrido Advanta 9313. Encontraron que la combinación de 180 kg ha⁻¹ de P y 150 kg ha⁻¹ de K generó un rendimiento máximo de 13.69 t ha⁻¹, superando ampliamente al testigo con 7.21 t ha⁻¹, lo que confirma el impacto sinérgico de ambos nutrientes. Asimismo, Alsar et al. (2020), en un estudio con híbridos de maíz, evidenciaron que el tratamiento con NPK completo (150-90-60 kg ha⁻¹) incrementó el peso de mazorcas en un 40 % respecto al testigo. Este aumento se atribuyó no solo al aporte individual de los nutrientes, sino al efecto combinado que mejoró la absorción y distribución de nutrientes hacia los órganos de rendimiento.

Por su parte, Rietra et al. (2015) señalaron que los sinergismos entre nutrientes, como el fósforo y el potasio, mejoran la eficiencia en el uso de fertilizantes, el crecimiento radicular y la tasa de fotosíntesis, lo cual se refleja directamente en aumentos de rendimiento. En cultivos de arroz, por ejemplo, la aplicación combinada de 200 mg kg⁻¹ de P y K generó un rendimiento de 16.6 unidades, frente a solo 12.3-12.6 unidades con aplicaciones individuales, evidenciando la misma tendencia observada en el maíz.

El coeficiente de variación obtenido es de 2.13 %, lo que se considera adecuado para el experimento realizado. Este valor refleja una regular variabilidad de los resultados para el peso de mazorcas sin brácteas dentro de cada tratamiento evaluado, lo que indica una buena confiabilidad de los resultados obtenidos respecto a esta variable.

Tabla 21

Prueba de Tukey para los tratamientos frente al testigo en peso de mazorcas sin brácteas

Tratamientos	Fósforo (kg ha-1)	Potasio (kg ha-1)	Rendimiento (kg ha-1)	Agrupación
T6	160	150	13.917	A
T5	160	100	11.286	B
T4	120	150	9.428	C
T3	120	100	6.917	D
T2	80	150	6.547	E
T1	80	100	4.797	F
T0	Testigo		3.833	G

La prueba de Tukey para el peso de mazorcas sin brácteas revela diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, los cuales corresponden a distintas combinaciones de niveles de fósforo (P) y potasio (K). El tratamiento que combina fósforo y potasio en dosis altas alcanzó el mayor promedio de peso (389.67 g), ubicándose en el grupo A, lo que confirma su superioridad productiva frente a los demás tratamientos.

Le siguen en orden descendente los tratamientos con fósforo a 160 kg ha-1 y potasio a 100 kg ha-1 (316 g, grupo B), y fósforo a 120 kg ha-1 con potasio a 150 kg ha-1 (264 g, grupo C), lo que evidencia que incluso cuando uno de los nutrientes se encuentra en un nivel subóptimo, aún se puede lograr un rendimiento considerable. Sin embargo, los tratamientos con fósforo a 120 o 80 kg ha-1 y potasio a 100 o 150 kg ha-1 mostraron promedios significativamente menores (entre 193.67 g y 134.33 g),

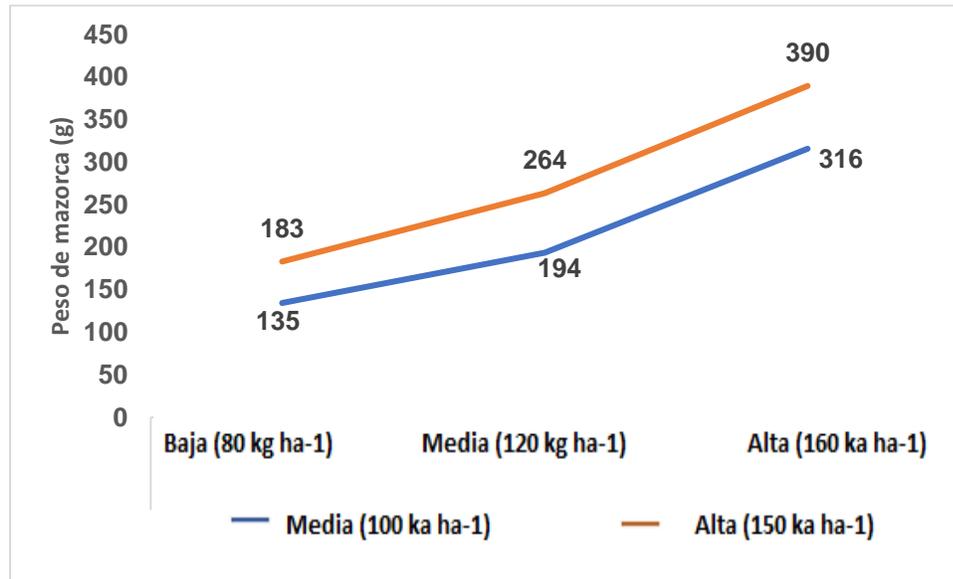
agrupándose en los niveles D y E, lo que refleja una caída progresiva en el rendimiento conforme se reducen las dosis de fósforo, en especial cuando también el potasio es limitado.

El tratamiento testigo, sin aplicación de fertilizantes, obtuvo el menor peso promedio de mazorcas sin brácteas (107.33 g), agrupado en el nivel F. Está marcada diferencia entre el testigo y los tratamientos fertilizados reafirma el impacto positivo de la fertilización en el rendimiento, especialmente cuando se emplean conjuntamente fósforo y potasio en dosis adecuados.

Estos resultados concuerdan con el análisis de varianza previo, donde se identificaron efectos significativos tanto de los factores individuales como de su interacción. Esto indica que la combinación de fósforo y potasio no solo incrementa el rendimiento, sino que produce efectos diferenciados según las dosis aplicadas, siendo crucial para alcanzar el máximo potencial productivo del maíz choclero INIA 603.

Figura 8

Efecto de interacción del fósforo y potasio en el peso (kg ha⁻¹) de mazorcas sin brácteas.



La figura muestra los resultados de la interacción entre las dosis de fósforo y potasio en el peso de mazorcas sin brácteas los cuales muestran que a medida que se incrementa la dosis de fósforo, el peso de las mazorcas también aumenta de manera consistente, tanto en condiciones de potasio medio como alto.

En el nivel de potasio a 100 kg ha⁻¹, el peso de mazorca sin brácteas incrementa de 135 g con fósforo a 80 kg ha⁻¹, a 194 g con fósforo 120 kg ha⁻¹, y alcanza los 316 g con fósforo a 160 kg ha⁻¹. De manera similar, cuando el potasio se aplica en dosis altas, el peso mejora aún más, subiendo de 183 g con fósforo a 80 kg ha⁻¹, a 264 g con fósforo a 120 kg ha⁻¹, y llegando a un máximo de 390 g con fósforo 160 kg ha⁻¹. Esta tendencia indica que el fósforo cumple un rol fundamental en el desarrollo del peso de mazorcas, y que su efecto se ve amplificado cuando se complementa con mayores niveles de potasio.

Los datos son similares a lo que señalan Jiménez, Sánchez et al. (2017) que a mayor fertilización de NPK el peso de las mazorcas aumenta, donde lograron obtener 213 g con solo 223-0-0 de NPK y 284 g por mazorca con una fertilización de 223-83-123 de NPK.

La comparación dentro de cada dosis de fósforo también evidencia el efecto positivo del potasio. Por ejemplo, en la dosis de 80 kg ha⁻¹ de fósforo, el incremento de potasio de 100 a 150 kg ha⁻¹ mejora el peso en 48 g (de 135 a 183 g); mientras que con fósforo a 120 kg ha⁻¹ el aumento es de 70 g, y con fósforo a 120 kg ha⁻¹, de 74 g. Estas diferencias indican que el efecto del potasio es más notorio a medida que se incrementa la disponibilidad de fósforo. Similarmente, Havlin et al. (2014) reportan que la aplicación de fósforo en maíz puede aumentar el rendimiento en grano hasta en un 30 %, señalando que dosis entre 100 y 160 kg ha⁻¹ optimizan procesos metabólicos clave, lo que resulta en mayor peso de mazorcas y mejor desarrollo de estructuras reproductivas. Asimismo, indican que potasio aplicado en dosis adecuadas (alrededor de 150 kg ha⁻¹) mejora la translocación de fotosintatos y la resistencia al estrés hídrico, contribuyendo a incrementos de peso del grano de hasta un 25 %.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En cuanto al rendimiento de pesos de mazorcas con brácteas, el tratamiento 6, con una dosis de 160 kg ha⁻¹ de fósforo y 150 kg ha⁻¹ de potasio, generó el mayor resultado con un peso de 17.381 kg ha⁻¹, evidenciando un efecto sinérgico positivo entre ambos nutrientes. Este rendimiento fue estadísticamente superior al del T5 (15.655 kg ha⁻¹), seguido por el T4 (13.583 kg ha⁻¹), T3 (11.405 kg ha⁻¹), T2 (9.631 kg ha⁻¹) y T1 (8.417 kg ha⁻¹). Finalmente, el menor peso se registró en el tratamiento T0, correspondiente al testigo, con un total de 6.833 kg ha⁻¹.

En el rendimiento de peso de mazorcas sin brácteas, el tratamiento 6, que combinó una dosis alta de fósforo (160 kg ha⁻¹) con una dosis alta de potasio (150 kg ha⁻¹), evidenció un efecto sinérgico significativo, alcanzando el mayor rendimiento con un total de 13.917 kg ha⁻¹. Este resultado fue estadísticamente superior a los obtenidos en los tratamientos T5, T4, T3, T2 y T1, lo que demuestra que la interacción entre ambos nutrientes potencia el rendimiento del cultivo de Maíz Choclero INIA 603. Por otro lado, el menor rendimiento se registró en el tratamiento testigo, con 3.833 kg ha⁻¹.

El tratamiento con 160 kg ha⁻¹ de fósforo y 150 kg ha⁻¹ de potasio proporcionó el mayor resultado en la variable de peso de granos por mazorca, alcanzando un promedio de 226 g por mazorca. Este valor refleja un efecto sinérgico significativo entre ambos nutrientes. En contraste, el testigo (tratamiento cero) alcanzó 85 g de peso de granos por mazorca.

En relación a la variable de número de mazorcas, el tratamiento con 160 kg ha⁻¹ de fósforo y 150 kg ha⁻¹ de potasio generó un total de 3 mazorcas por planta, seguido por los tratamientos T5, T4, T3, T2 y T1, que obtuvieron 2 mazorcas por planta. Finalmente, el testigo (tratamiento cero) obtuvo solamente 1 mazorca por planta.

En cuanto a la longitud de mazorca, el tratamiento 6 (160 kg ha⁻¹ de fósforo y 150 kg ha⁻¹ de potasio) obtuvo una mayor longitud de 22 cm, siendo estadísticamente similares al T5, T4, T3, T2, T1. Finalmente, el testigo alcanzó (12.67 cm).

El tratamiento T6 con 160 kg ha⁻¹ de fósforo y 150 kg ha⁻¹ de potasio alcanzó la mayor altura de planta, con un promedio total de 257.33 cm. Por el contrario, el testigo (tratamiento cero) alcanzó tan solo 204.92 cm.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda que futuros estudios consideren la evaluación de dosis más altas que las utilizadas en el presente experimento, con el objetivo de estudiar el efecto sinérgico del fósforo y potasio (P/K) sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

CAPÍTULO VII

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Castro, A. J. (2019). Respuesta a niveles de nitrógeno, fosforo y potasio en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L), en condiciones de la zona de Babahoyo [tesis para obtener título de Ingeniero-Universidad Técnica De Babahoyo]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5649>
- Arias Usandivaras, L. M. (2015). *Deficiencias de fósforo y potasio en maíz: efectos sobre el área foliar, crecimiento y absorción de nutrientes*. [Tesis de Magister, Universidad de Buenos Aires]. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/5985>
- Alvarado, A., Garbanzo, G., Vargas, C. J., Cabalceta, G., & Vega, E. V. (2021). Fertilización con nitrógeno y potasio en maíz en un Alfisol de Guanacaste, Costa Rica1. Artículo científico, 137-148.
- Alsar, A., Duskinova, A., & Insepov, Z. (2020). *Efecto de la fertilización con NPK sobre el rendimiento de dos híbridos experimentales de maíz (Zea mays L.)*. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2), 45–52.
- Cabrera, C., M. (2023). Microorganismos Eficaces en la Productividad de Maíz Choclero INIA 603 (*Zea mays* L.) en la Estación Experimental Agraria – Baños del Inca, Cajamarca [tesis para optar título-Universidad Nacional De Cajamarca]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5807>

- Campos Raymundo, Z. Y. (2015). *Efecto de distanciamientos de siembra y niveles de fertilización de N-P-K en el rendimiento del maíz amarillo duro (Zea mays L.) híbrido Pioneer 30F87 en Llaylla* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4007>
- Canchapoma Palomino, K. R. (2024). *Influencia de la variabilidad climática en la fenología de los sistemas productivos del maíz, en la región de Junín del 2004-2014*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/16535/5/IV_FIN_10_7TE_Canchapoma_Palomino_2024.pdf
- Cakmak, I. 2015. Sinergismos y Antagonismos entre Nutrientes Minerales Durante la Absorción y Transporte en las Plantas. Curso Internacional sobre Nutrición de Cultivos. Intagri.
- Ciriaco, F. (2023). “*Efecto de diferentes dosis de potasio y densidades de siembra en las características morfológicas y biométricas del maíz amarillo amiláceo “Inia 623-cumbemaino” (Zea Mays L.) EN MARCARA –CARHUAZ - ANCASH-2020*”. [tesis para optar título profesional, Universidad Nacional “Santiago Antúnez De Mayolo”. Carhuaz, Perú.
- Elías, L. R. (2018). *Efecto de la fertilización NPK en el rendimiento de maíz amarillo duro en la costa central del Perú* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina].

- Espinoza-Huamán, H. A., Correa-Vásquez, J. D., & Vallejos-Mogollón, R. E. (2024). *Evaluación de la fertilización NPK y densidades de siembra en el rendimiento del maíz en Piura, Perú*. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 25(2), 39–51.
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Jones, C. A. (2011). *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops* (3rd ed.). CRC Press
- Gavilán-Luna, F. C., & Gómez-Vargas M. J. (2022). Definición de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio para una máxima producción del maíz híbrido Advanta 9313 mediante el diseño central compuesto. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(1), e2225. https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num1_art:2225
- Gómez, J. (2019). Análisis del rendimiento agrícola de maíz en función de la variedad y condiciones climáticas. Tesis de licenciatura, Universidad de Córdoba.
- González, E., Mejía, C., & Ramírez, M. (2019). *Influencia de la fertilización con NPK en el rendimiento de maíz en condiciones de trópico seco*. *Agroproductividad*, 12(3), 25-32. <https://doi.org/10.32854/agrop.v12i3.1243>
- González, F. C., & Gómez, M. J. (2022). *Definición de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio para una máxima producción del maíz híbrido Advanta 9313 mediante el diseño central compuesto*. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/358392959>
- Haifa Group. (2019). *Accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium in mature maize under variable rates of mineral fertilization*. <https://www.haifa-group.com/sites/default/files/article/Accumulation%20of%20nitrogen%2C%20pho>

[sphorus%20and%20potassium%20in%20mature%20maize%20under%20variabl
e%20rates%20of%20mineral%20fertilization.pdf](#)

Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2014). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (8th ed.). Pearson.

Hernández, Córdova, N., & Soto Carreño, Francisco. *Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales*. Parte I. Cultivo del maíz (*Zea mayz* L.). *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 2, p. 44-49. ISSN 1819-4087

Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA (2004). *Maíz INIA 603 Choclero, nueva variedad para una producción rentable*. Estación Experimental Agraria Baños del Inca - Cajamarca. Plegable s/n. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/717>

Jiménez M., Víctor M, Sánchez M., Ana Luisa, Ramírez G., Leobarda G, y Navarrete V., Ana Luisa. *Fertilización con Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el rendimiento de tres variedades de maíz*. *Revista de Energía Química y Física*. 2017. 4-10:57-64.

Jouissy Del Pilar, T. (2015). *Efecto de aplicación de cinco niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) Var. Marginal 28-T. en Yurimaguas*. [tesis para optar título profesional, Universidad Nacional De La Amazonía Peruana] Iquitos, Perú.

https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/3373/Jouissy_Tesis_Titulo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- López, C. J., Piñarreta, O. R., García, J. H., Nole, Z., J., & Rodríguez, A., A. (2024). Gestionar el Efecto de fertilizantes NPK y dos densidades de siembra en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Alfa*, 8(23), 439–450. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.276>
- López, R., Pérez, J., & Gómez, M. (2019). Influencia del fósforo en el desarrollo radicular y rendimiento de maíz. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 13(2), 230-238. <https://doi.org/10.17584/rcch.2019v13i2.9564>
- Marschner, H. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3ra ed.). Academic Press.
- MAPA (2014). *Guía de la fertilización racional de los cultivos* (p. 15). Madrid: MAPA.
- Meneses, N. (2017). *Fertilización potásica del maíz dulce en suelo con alta disponibilidad de potasio*. *Agrociencia Uruguay*, 21(2), 54–58. <https://www.researchgate.net/publication/366215393>
- Monge, E., Val Falcón, J., & Álvarez, Á. (2006). Evolución y distribución del nitrógeno, fósforo y potasio en plantas de maíz (*Zea mays*, L.). Estación Experimental De Aula Dei (EEAD).
- Pérez-Gutiérrez, J. A., Nájera-Cortés, A. S., & Morales-González, J. L. (2021). Efecto de la fertilización con NPK y silicio en el rendimiento de grano en maíz (*Zea mays* L.) en Iguala, Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(4), 849–861. <https://www.redalyc.org/journal/573/57375131037/html/>

- Oliveira, F. A., Medeiros, J. F., & Nascimento, R. (2010). Interaction of phosphorus and potassium in corn yield under different soil moisture levels. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(12), 1329–1335.
- Oré G, V. V. (2015). *Fertilización potásica y nivel nutricional en el rendimiento de maíz morado PMV-581 (Zea mays L.), bajo riego por goteo*. [tesis para obtener título, Universidad Nacional Agraria La Molina], Lima, Perú.
- Ortigoza, J., López, C., & Gonzales, j. (2019). Guía técnica cultivo de maíz. Universidad Nacional De Asunción, San Lorenzo, Paraguay.
https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf
- Quispe T., A. (2023). "Caracterización de acciones de maíces originarias de la región Lima conservando en el banco de germoplasma de maíz (Zea mays L.)". [tesis para optar título-Universidad Agraria La Molina], Lima, Perú.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/6081/qui-spe-trujillo-wendy-alejandra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramos, A. K., Silva, F. C., & Teixeira, I. R. (2013). Potássio e fósforo no desempenho agronômico do milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 43(4), 411–417.
<https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000400006>
- Rengel, Z. (2015). *Handbook of plant nutrition* (2nd ed.). CRC Press.
- Rietra, R. P. J. J., Heinen, M., Dimkpa, C. O., & Bindraban, P. S. (2015). Effects of nutrient interactions on yield and fertilizer use efficiency. *International Fertilizer*

Association. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/sinergismos-y-antagonismos-entre-nutrientes>

Rodríguez, M. E., Huamán, L. R., & Cárdenas, J. F. (2020). *Efecto de diferentes niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento de maíz en Junín. Revista Agroindustrial y Agropecuaria*, 6(1), 45–52.

Santos, F., Oliveira, P., & Souza, R. (2015). Efecto del potasio en la calidad y peso del grano de maíz. *Journal of Agricultural Science*, 7(3), 112-120.
<https://doi.org/10.5539/jas.v7n3p112>

Solórzano Crespin, C. L. (2021). *Efecto de la fertilización con base NPK en el rendimiento y calidad de dos híbridos de maíz (Zea mays L.) en La Troncal, provincia del Cañar*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Agraria del Ecuador].
https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SOLORZANO%20CRESPIN%20CESAR%20LUIS.pdf?utm_source=chatgpt.com

Tapia, E., Vargas, A., & Oña, C. (2020). *Efecto de tres formas de fertilización en cultivo de maíz variedad DAS 3383, La Troncal-Ecuador. Revista Científica Agroecosistemas*.

Tejada, G., y Santiago, I. (2018). *Efecto de la dosis de fertilización en el maíz choclero variedad Urubamba (Zea mays), en condiciones de Huariaca – Pasco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2591>

Terrones Cotrina, Y. (2024) *Efecto de diferentes dosis y fuentes de encalado en las propiedades químicas de un suelo ácido, en el distrito de Calquis - San Miguel - Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/7362>

Vásquez A, A. (2019). *Efecto de tres dosis de fertilización en el rendimiento de tres variedades de maíz*. [tesis para optar título profesional, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo], Lambayeque, Perú.

ANEXOS

Anexo 1

Resultados de análisis de suelo



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



INFORME DE ENSAYO N° 080966-24 / SU / LABSAF - BAÑOS DEL INCA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : FRANKLIN LEONARDO MALCA MAYTA
 Propietario / Productor : FRANKLIN LEONARDO MALCA MAYTA
 Dirección del cliente : PSJE. LAS PERLAS N° 222-BARRIO MOLLEPAMPA-CAJAMARCA
 Solicitado por : CLIENTE
 Muestreado por : CLIENTE
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : BOLSA DE PLÁSTICO
 Referencia del muestreo : RESERVADO POR EL CLIENTE
 Procedencia de muestra(s) : C.P. HUACARIZ/SAN ANTONIO/CAJAMARCA/CAJAMARCA
 Fecha(s) de muestreo : 2024-08-04 (**)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-08-05
 Lugar de ensayo : LABSAF BAÑOS DEL INCA
 Fecha(s) de análisis : Del 2024-08-06 al 2024-08-26
 Cotización del servicio : 317-24-BI
 Fecha de emisión : 2024-08-28

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1					
Código de Laboratorio	SU1942-BI-24					
Matriz Analizada	Suelo					
Fecha de Muestreo	2024-08-04					
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	16:30					
Condición de la muestra	Conservada					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	La Paccha					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,10	8,1	-	-	-
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kq	0,50	--	-	-	-
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kq	0,50	--	-	-	-
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,50	9,5	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,10	3,5	-	-	-
Fosforo Disponible	mg/kg	0,50	<0,5	-	-	-
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,00	26,0	-	-	-
Potasio disponible (*)	mg/kg	0,50	221,0	-	-	-



Firmado digitalmente por:
 CHAVEZ CABRERA ALEXANDER
 FIR 28730857 hard
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 28/08/2024 10:20:02-0500



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

F-46 / Ver.05
 www.inia.gob.pe

Anexo 2

Preparación, surcado y delimitación de unidades experimentales.



Anexo 3

Pesado de fertilizantes y siembra.



Anexo 4

Segunda fertilización y deshierbo.



Anexo 5

Inicio de floración y llenado de grano.



Anexo 6

*Aplicación de aceite vegetal para el control de gusano mazorquero (*Helicoverpa zea*).*



Anexo 7

Revisión del campo experimental por parte del asesor.



Anexo 8

Pesado de mazorcas con brácteas y sin brácteas.



Anexo 9

Muestra de mazorcas con brácteas de todos los tratamientos.



Anexo 10

Promedios generales de los datos recolectados de todas las variables evaluadas.

Altura de planta								
Dosis								
Fertilizantes	Fósforo (P)	80		120		160		Testigo
	Potasio (K)	100	150	100	150	100	150	
Bloques	I	244 cm	245 cm	249 cm	255 cm	255 cm	260 cm	205 cm
	II	248 cm	248 cm	250 cm	250 cm	257 cm	257 cm	203 cm
	III	245 cm	243 cm	249 cm	254 cm	255 cm	255 cm	207 cm
Promedio		246 cm	245 cm	249 cm	253 cm	257 cm	257 cm	205 cm

Número de mazorcas por planta								
Dosis								
Fertilizantes	Fósforo (P)	80		120		160		Testigo
	Potasio (K)	100	150	100	150	100	150	
Bloques	I	2 Uni	1 Uni	2 Uni	2 Uni	2 Uni	2 Uni	1 Uni
	II	1 Uni	1 Uni	1 Uni	2 Uni	2 Uni	3 Uni	1 Uni
	III	1 Uni	2 Uni	2 Uni	2 Uni	2 Uni	3 Uni	1 Uni
Promedio		1 Uni	1 Uni	2 Uni	2 Uni	2 Uni	3 Uni	1 Uni

Peso de mazorcas con brácteas								
Dosis								
Fertilizantes	Fósforo (P)	80		120		160		Testigo
	Potasio (K)	100	150	100	150	100	150	
Bloques	I	230 g	270 g	322 g	380 g	440 g	495 g	197 g
	II	251 g	267 g	318 g	378 g	440 g	488 g	195 g
	III	226 g	272 g	318 g	383 g	435 g	477 g	182 g
Promedio		236 g	270 g	319 g	380 g	438 g	487 g	191 g

Peso de mazorcas sin brácteas								
Dosis								
Fertilizantes	Fósforo (P)	80		120		160		Testigo
	Potasio (K)	100	150	100	150	100	150	
Bloques	I	130 g	177 g	197 g	264 g	320 g	382 g	103 g
	II	136 g	183 g	189 g	265 g	318 g	395 g	111 g
	III	137 g	190 g	195 g	263 g	310 g	392 g	108 g
Promedio		134.53 g	183.20 g	193.67 g	263.67 g	315.83 g	389.60 g	107.27 g

Longitud de mazorcas sin brácteas								
Dosis								
Fertilizantes	Fósforo (P)	80		120		160		Testigo
	Potasio (K)	100	150	100	150	100	150	
Bloques	I	15 cm	13 cm	17 cm	18 cm	21 cm	23 cm	12 cm
	II	16 cm	15 cm	17 cm	20 cm	19 cm	20 cm	13 cm
	III	15 cm	16 cm	17 cm	19 cm	21 cm	23 cm	13 cm
Promedio		15 cm	15 cm	17 cm	19 cm	20 cm	22 cm	13 cm

Peso de granos por mazorca								
Dosis								
Fertilizantes	Fósforo (P)	80		120		160		Testigo
	Potasio (K)	100	150	100	150	100	150	
Bloques	I	108 cm	124 cm	129 cm	159 cm	186 cm	230 cm	89 cm
	II	113 cm	126 cm	125 cm	151 cm	180 cm	223 cm	84 cm
	III	108 cm	115 cm	121 cm	158 cm	184 cm	225 cm	82 cm
Promedio		110 cm	122 cm	125 cm	156 cm	183 cm	226 cm	85 cm