

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



**TESIS**

**“EFECTO SINÉRGICO DE NITRÓGENO Y COBRE EN EL  
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ AMILÁCEO VARIEDAD LOCAL  
(*Zea mays* L.) EN EL CENTRO POBLADO CHOLOCAL, DISTRITO DE  
CACHACHI, PROVINCIA CAJABAMBA”**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Presentado por El Bachiller:

**JOSELITO FERNÁNDEZ TORRES**

Asesor:

**Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**-2025-**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: JOSELITO FERNÁNDEZ TORRES
2. DNI: 75145166  
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  
  
"EFECTO SINÉRGICO DE NITRÓGENO Y COBRE EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ AMILÁCEO VARIEDAD LOCAL (*Zea mays* L.) EN EL CENTRO POBLADO CHOLOCAL, DISTRITO DE CACHACHI, PROVINCIA DE CAJABAMBA"
7. Fecha de evaluación: 25/08/2025
8. Software antiplagio:  TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
9. Porcentaje de Informe de Similitud: 17%
10. Código Documento: oid: 3117:486958495
11. Resultado de la Evaluación de Similitud: 17%  
 APROBADO       PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O  
DESAPROBADO

Fecha Emisión: 26/08/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 <hr/> <b>Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia</b> 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 veinticinco 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° 478-2025-FCA-UNC**, de fecha **15 de agosto del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **“EFECTO SINÉRGICO DE NITRÓGENO Y COBRE EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ AMILÁCEO VARIEDAD LOCAL (*Zea mays* L.) EN EL CENTRO POBLADO CHOLOCAL, DISTRITO DE CACHACHI, PROVINCIA CAJABAMBA”**, realizada por el Bachiller **JOSELITO FERNÁNDEZ TORRES** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las doce horas y diez 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 dieciocho (18); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

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

Dr. Isidro Rimarachín Cabrera  
PRESIDENTE

MBA. Ing. Santiago Demetrio Medina Miranda  
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego  
VOCAL

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

*A mis padres: Florencio y Dora, arquitectos formativos de mi carácter y mi camino, este trabajo es un campo florecido donde cada palabra germina con el sudor de su esfuerzo, brota del suelo fértil de años de entrega, así como el respaldo firme y la confianza que depositaron en mí, aun cuando el horizonte se tornaba incierto y el camino se cubría de sombras. A ustedes, que han sido sostén, guía y ejemplo, les dedico con profundo respeto y gratitud este resultado académico.*

*Este triunfo no es individual: es el reflejo de una historia compartida, de un compromiso familiar y del legado de valores que me han inculcado.*

**JOSELITO FERNÁNDEZ TORRES**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, doy gracias a Dios por haberme otorgado la fortaleza, la perseverancia y la claridad necesaria para llevar a cabo este trabajo.*

*A mis padres, Florencio y Dora, les agradezco profundamente el apoyo incondicional y la confianza que depositaron en mí durante todos estos años de formación. Su respaldo fue crucial para llegar hasta este punto.*

*Expreso mi gratitud, al Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia en calidad de asesor, por su orientación profesional, sus comentarios críticos y por acompañarme con paciencia y dedicación en las distintas etapas de esta investigación. Sus sugerencias enriquecieron significativamente la calidad de este trabajo académico.*

**JOSELITO FERNÁNDEZ TORRES**

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IX</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	11
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	11
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	13
1.4.1 <i>Objetivo General</i> .....	13
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	13
1.5 HIPÓTESIS.....	13
<b>CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
2.1 ANTECEDENTES.....	14
2.2 MARCO TEÓRICO .....	20
2.2.1 <i>Origen y distribución del maíz (Zea mays L.)</i> .....	20
2.2.2 <i>Requerimientos edafoclimáticos</i> .....	20
2.2.3 <i>Control integrado de plagas</i> .....	21
2.2.4 <i>Requerimiento nutricional</i> .....	22
2.2.6 <i>Fertilización</i> .....	22
2.2.5 <i>Sinergismo de cobre (Cu) y nitrógeno (N)</i> .....	24
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	25
<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>26</b>
3.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	26
3.2 MATERIALES.....	27
3.3 ANÁLISIS DE SUELO .....	28
3.4 VARIABLES .....	29
3.5 METODOLOGÍA.....	29
3.5.1 <i>CONDUCCIÓN DEL TERRENO</i> .....	29
3.5.2 <i>PARÁMETROS DE EVALUACIÓN</i> .....	30
3.5.3 <i>DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL</i> .....	31
3.5.3 <i>DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS Y BLOQUES</i> .....	33
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>36</b>

4.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VARIABLES EVALUADAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ .....	36
4.1.1	ALTURA DE PLANTA.....	36
4.1.2	PESO DE MAZORCAS (KG HA-1) CON BRÁCTEAS .....	41
4.1.3	PESO DE MAZORCAS (KG HA-1) SIN BRÁCTEAS.....	46
4.1.4	LONGITUD DE MAZORCA (CM) .....	51
4.1.5	DIÁMETRO DE MAZORCA (CM) .....	56
4.1.6	PESO DE GRANOS POR MAZORCA (GR).....	61
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>66</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	66
5.2	RECOMENDACIONES.....	67
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>68</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>68</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>74</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>Tabla 1</b>	Resultado e interpretación de análisis del suelo.....	28
<b>Tabla 2</b>	Dosis de nitrógeno y cobre.....	31
<b>Tabla 3</b>	Tratamientos en el estudio .....	32
<b>Tabla 4</b>	Dosis de fertilizantes por tratamiento .....	33
<b>Tabla 5</b>	Campo experimental .....	34
<b>Tabla 6</b>	Análisis de varianza para la altura de planta .....	36
<b>Tabla 7</b>	Prueba de Tukey para la altura de planta (m).....	38
<b>Tabla 8</b>	Análisis de varianza para el peso (kg ha-1) de mazorcas con brácteas.....	41
<b>Tabla 9</b>	Prueba de Tukey para para el rendimiento de mazorcas con bráctea .....	42
<b>Tabla 10</b>	Análisis de varianza para el peso de mazorcas sin brácteas (kg ha-1).....	46
<b>Tabla 11</b>	Prueba de Tukey para el peso (kg ha-1) de mazorcas sin brácteas.....	47
<b>Tabla 12</b>	Análisis de varianza para longitud de mazorcas (cm).....	51
<b>Tabla 13</b>	Prueba de Tukey para longitud de mazorcas .....	52
<b>Tabla 14</b>	Análisis de varianza para el diámetro de mazorcas sin brácteas (cm).....	56
<b>Tabla 15</b>	Prueba de Tukey para el diámetro de mazorcas sin brácteas (cm) .....	57
<b>Tabla 16</b>	Análisis de varianza para el peso de granos por mazorcas .....	61
<b>Tabla 17</b>	Prueba de Tukey para el peso de granos por mazorca .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Tabla</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1</b>	Ubicación del área de estudio. ....	26
<b>Figura 2</b>	Distribución de los tratamientos en el campo experimental. ....	35
<b>Figura 3</b>	Efecto de la interacción del nitrógeno y cobre en la altura de planta (m). ....	39
<b>Figura 4</b>	Prueba de Tukey para para el rendimiento de mazorcas con bráctea. ....	44
<b>Figura 5</b>	Efecto de la interacción del nitrógeno y cobre en el peso de mazorcas (kg ha <sup>-1</sup> ) sin brácteas. ....	49
<b>Figura 6</b>	Efecto de la interacción del nitrógeno y cobre para la longitud de mazorcas. ....	54
<b>Figura 7</b>	Efecto de la interacción del nitrógeno y cobre para el diámetro de mazorcas sin brácteas (cm). ....	59
<b>Figura 8</b>	Efecto de la interacción del nitrógeno y cobre para el peso de granos por mazorcas. ....	63

## RESUMEN

En nuestra región Cajamarca la limitada información sobre el efecto sinérgico de nitrógeno y cobre es un problema que afecta el rendimiento del cultivo del maíz amiláceo, lo que genera la interrogante ¿Existe efecto sinérgico entre el nitrógeno y cobre para incrementar el rendimiento de maíz amiláceo variedad local (*Zea mays* L.) en el centro poblado Cholocal, distrito Cachachi, provincia de Cajabamba?

Por ello, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto sinérgico del Nitrógeno y Cobre en el rendimiento del cultivo de maíz amiláceo variedad local (*Zea mays* L.) en el centro poblado el Cholocal, distrito de Cachachi, provincia Cajabamba. Se utilizaron tres dosis de nitrógeno de 160, 200 y 240 kg ha<sup>-1</sup>, dos dosis de Cobre de 0.03 y 0.05 kg ha<sup>-1</sup> y un testigo. Los tratamientos en estudio fueron: T1 (160 kg ha<sup>-1</sup> N + 0.03 kg ha<sup>-1</sup> Cu), T2 (160 kg ha<sup>-1</sup> N + 0.05 kg ha<sup>-1</sup> Cu) T3 (200 kg ha<sup>-1</sup> N – 0.03 kg ha<sup>-1</sup> Cu), T4 (200 kg ha<sup>-1</sup> N + 0.05 kg ha<sup>-1</sup> Cu), T5 (240 kg ha<sup>-1</sup> N + 0.03 kg ha<sup>-1</sup> Cu), T6 (240 kg ha<sup>-1</sup> N + 0.05 kg ha<sup>-1</sup> Cu). Se utilizó el diseño de tres bloques completamente al azar. Distribuyéndose en parcelas de 36 plantas. Al realizar la cosecha se evaluaron las variables: altura de planta, número de mazorcas por planta, peso de mazorca con brácteas y sin brácteas, diámetro y longitud de mazorcas y peso de granos. En el tratamiento T6, las plantas alcanzaron la mayor altura, 4.05 metros en promedio. En el T6 se obtuvo mayor peso de mazorcas de 17424.00 kg ha<sup>-1</sup>. El mayor peso de mazorcas sin brácteas, de 14040.00 kg ha<sup>-1</sup>, se alcanzó con el T5. En el T5 las mazorcas alcanzaron la mayor longitud, de 30.17 cm. El mayor diámetro se obtuvo con el tratamiento T5 con un valor de 6.76 cm. En el peso de granos se obtuvo el mayor rendimiento con el tratamiento T5 con un peso promedio de 395.00 g./ mazorca.

**Palabras claves:** maíz, nitrógeno, cobre, sinergismo

## ABSTRACT

In our Cajamarca region, the limited information on the synergistic effect of nitrogen and copper is a problem that affects the yield of the starchy corn crop, which raises the question: Is there a synergistic effect between nitrogen and copper to increase the yield of local variety starchy corn (*Zea mays* L.) in the Cholocal population center, Cachachi district, Cajabamba province? Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of nitrogen and copper on the yield of local starchy corn (*Zea mays* L.) in the Cholocal population center, Cachachi district, Cajabamba province. Three nitrogen doses of 160, 200, and 240 kg ha<sup>-1</sup>, two copper doses of 0.03 and 0.05 kg ha<sup>-1</sup>, and a control were used. The treatments studied were: T1 (160 kg ha<sup>-1</sup> N + 0.03 kg ha<sup>-1</sup> Cu), T2 (160 kg ha<sup>-1</sup> N + 0.05 kg ha<sup>-1</sup> Cu) T3 (200 kg ha<sup>-1</sup> N – 0.03 kg ha<sup>-1</sup> Cu), T4 (200 kg ha<sup>-1</sup> N + 0.05 kg ha<sup>-1</sup> Cu), T5 (240 kg ha<sup>-1</sup> N + 0.03 kg ha<sup>-1</sup> Cu), T6 (240 kg ha<sup>-1</sup> N + 0.05 kg ha<sup>-1</sup> Cu). A completely randomized three-block design was used. Distributed in plots of 36 plants. At harvest, the following variables were evaluated: plant height, number of ears per plant, ear weight with and without bracts, ear diameter and length, and kernel weight. In treatment T6, plants reached their greatest height, averaging 4.05 meters. In T6, the highest ear weight was 17,424.00 kg ha<sup>-1</sup>. The highest weight of ears without bracts, 14,040.00 kg ha<sup>-1</sup>, was reached with T5. In T5, the ears reached their greatest length, 30.17 cm. The greatest diameter was obtained with treatment T5, with a value of 6.76 cm. In terms of kernel weight, the highest yield was obtained with treatment T5, with an average weight of 395.00 g/ear.

**Keywords:** corn, nitrogen, sulfur, synergism.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el tercer cultivo en importancia a nivel mundial y es utilizado por los pequeños productores de las zonas rurales para su consumo. Además, Garbanzo et al. (2021) afirma que los estudios sobre el cultivo del maíz presentan gran diversidad en sus recomendaciones de manejo, debido a la gran cantidad de variedades de libre polinización y materiales criollos que se encuentran en manos de productores, algunos son seleccionados por ellos mismos para la producción en una zona determinada.

Asimismo, el Ministerio de desarrollo agrario y riego (MINAGRI, 2020) afirma que, el maíz amiláceo, es uno de los principales alimentos de los habitantes de la sierra del Perú y su producción está destinada al autoconsumo, siendo importante para una población de aproximadamente 8 millones de personas de extrema pobreza que lo consumen.

Del mismo modo, Ornetá (2018) manifiesta que en nuestro país se vienen obteniendo nuevas variedades de maíz amiláceo para el consumo en choclo, que se constituyen en una oportunidad de generar mejores ingresos a los productores, por tal motivo, es crucial incrementar su rendimiento esto se logra a través de la aplicación de fertilizantes, la cantidad que se debe utilizar depende en gran medida de la densidad de la población de plantas, así como del tipo y fertilidad del suelo, pues en las zonas de sierra, los suelos tienden a ser deficientes en materia orgánica, lo que obliga a la utilización masiva de fertilizantes nitrogenados.

Es por ello por lo que la finalidad del presente estudio es determinar el efecto sinérgico del Nitrógeno y Cobre en el rendimiento del cultivo de maíz amiláceo variedad local (*Zea mays* L.) en el Centro Poblado de Cholocal, distrito de Cachachi, provincia Cajabamba.

## **1.1 Descripción del problema**

El rendimiento del maíz amiláceo variedad local (*Zea mays* L.) en el centro poblado Cholocal, distrito Cachachi, provincia de Cajabamba, ha sido relativamente bajo, lo cual afecta negativamente la productividad agrícola y la economía de la región. Por muchas décadas se han utilizado dosis deficientes que conducen a bajas producciones, y en ocasiones dosis excesivas de fertilizantes químicos que pueden generar problemas ambientales, a pesar de los esfuerzos por mejorar las prácticas de cultivo con la aplicación de fertilizantes no se ha logrado incrementar significativamente su productividad, Este problema se agrava por la falta de investigaciones locales que analicen la interacción entre nutrientes esenciales, como el nitrógeno y el cobre, en las condiciones específicas de esta zona.

Es por ello por lo que esta investigación surge ante la necesidad de identificar estrategias más efectivas para aumentar el rendimiento del maíz amiláceo, un cultivo vital para la región. La falta de estudios que exploren el efecto sinérgico del nitrógeno y cobre en este contexto representa una laguna teórica que este trabajo pretende abordar.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Existe efecto sinérgico entre el nitrógeno y cobre para incrementar el rendimiento de maíz amiláceo variedad local (*Zea mays* L.) en el centro poblado Cholocal, distrito Cachachi, provincia de Cajabamba?

## **1.3 Justificación**

El bajo rendimiento del maíz amiláceo variedad local (*Zea mays*. L) en el Centro Poblado de Cholocal, distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, es una preocupación constante para los agricultores locales, a pesar de los esfuerzos realizados por estos para mejorar las prácticas de

cultivo con la aplicación de fertilizantes no se ha logrado incrementar significativamente su rendimiento, afectando tanto la economía familiar como la seguridad alimentaria de la región. Este problema es relevante ya que la demanda de este cultivo sigue en aumento debido a su importancia cultural y alimentaria.

A nivel técnico, la investigación propuesta se justifica por la necesidad de explorar métodos más eficientes de fertilización que optimicen la productividad del maíz amiláceo, como el nitrógeno y cobre, dichos elementos juegan un papel crucial en el crecimiento y rendimiento de las plantas. El uso sinérgico de estos nutrientes podría representar una solución innovadora para mejorar el rendimiento del maíz amiláceo, contribuyendo al desarrollo agrícola sostenible de la región.

Desde una perspectiva académica, este estudio busca llenar un vacío en la literatura existente sobre la interacción entre nitrógeno y cobre en el maíz amiláceo, cuyo estudio en esta área geográfica es limitado. La investigación proporcionará datos valiosos que podrían servir de base para futuras investigaciones y para la formulación de políticas agrícolas adaptadas a las condiciones locales.

En términos sociales, el impacto de esta investigación es significativo, ya que, al mejorar el rendimiento del maíz amiláceo, se podría aumentar la productividad agrícola en el Centro Poblado de Cholocal, mejorando así los ingresos de los agricultores y fortaleciendo la seguridad alimentaria en la comunidad. Este estudio también tiene el potencial de ser replicado en otras regiones con condiciones similares, amplificando su impacto positivo a nivel regional.

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar el efecto sinérgico del Nitrógeno y Cobre en el rendimiento del cultivo de maíz amiláceo variedad local (*Zea mays* L.) en el Centro Poblado de Cholocal, distrito de Cachachi, provincia Cajabamba.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Determinar el efecto de tres dosis de nitrógeno y dos dosis de cobre en el rendimiento del cultivo de maíz amiláceo variedad local (*Zea mays* L.) en el centro poblado Cholocal, distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba.

Determinar el efecto de tres dosis de nitrógeno y dos dosis de cobre en del cultivo de maíz amiláceo variedad local (*Zea mays* L.) en el centro poblado Cholocal, distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, teniendo en cuenta los siguientes los parámetros: altura de planta, peso de mazorcas con brácteas, peso de mazorcas sin brácteas, longitud de mazorca, diámetro de mazorca y peso granos por mazorca.

## **1.5 Hipótesis**

El efecto sinérgico de la aplicación conjunta de nitrógeno y cobre mejora significativamente el rendimiento del cultivo de maíz amiláceo variedad local (*Zea mays* L.) en el Centro Poblado de Cholocal, distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba.

## CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Antecedentes

Mieles (2020) en un estudio realizado en Ecuador defendió la tesis titulada “influencia de dos arreglos topológicos y tres niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de la variedad de maíz blanco “Nutrichoclo” INIAP 543 – QPM” cuyo objetivo principal fue evaluar el rendimiento de mazorcas (choclos) y grano en la variedad de maíz blanco Nutrichoclo INIAP 543 – QPM, para ello se aplicó un diseño de Bloques completos al azar de cuatro repeticiones, dando lugar a 24 unidades experimentales. Las variables tomadas con distribución normal se analizaron con DBCA y prueba de Tukey P .05 y las variables sin distribución normal o no normal con la prueba de Shapiro-Wilks (modificado). Su principal conclusión fue que no hay diferencia significativa en arreglos topológicos, dosis de nitrógeno e interacción, lo que permite aceptar la  $H_0$  no existe influencia de los arreglos topológicos y dosis de nitrógeno sobre el rendimiento en fresco y seco de la variedad de maíz blanco Nutrichoclo INIAP 543-QPM

Castro (2018), En un estudio realizado en Ecuador defendió la tesis titulada “fertilización química con micronutrientes en el maíz, INIAP H-603 en Lodana, Cantón Santa Ana, Provincia de Manabí” la cual tuvo por objetivo determinar la dosis y época de aplicación de micronutriente para el híbrido del maíz INIAP H-603, en el cantón Santa Ana, y efectuar un análisis económico de los tratamientos involucrados. Se consideró una metodología de costos variables del CIMMYT dirigida solo a los tratamientos que conformaron los factores en estudio, finalmente se concluyó que No se encontró diferencia significativa entre las diferentes frecuencias de aplicación del fertilizante con EM, en todos los parámetros evaluados, igual apreciación se hace para las dosis de la fertilización con EM, probadas.

Garbanzo et al. (2021) en Costa Rica Publicó el artículo científico titulado “Fertilización con nitrógeno y potasio en maíz en un Alfisol de Guanacaste, Costa Rica”, cuyo objetivo principal fue evaluar en la variedad de maíz amiláceo, el efecto de dosis crecientes de nitrógeno y potasio, en combinación con tres densidades de siembra. La metodología utilizada fue evaluar tres dosis de N (100, 200, 300 kg ha<sup>-1</sup> con una base de 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) y K<sub>2</sub>O (100, 160 y 200 kg ha<sup>-1</sup> con una base de 300 kg N ha<sup>-1</sup>) con tres densidades de siembra (50 000, 57 143 y 66 667 plantas ha<sup>-1</sup>) con la variedad amiláceo, al terminar el estudio se concluyó que la densidad de siembra de 57 143 plantas ha<sup>-1</sup> mostró el mejor rendimiento a dosis de 100 kg de N ha<sup>-1</sup> y 100 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>.

Barreiro y Velásquez (2021) en Ecuador defendieron la tesis titulada eficacia de tecnologías de nutrición sobre el rendimiento del maíz blanco para consumo en fresco, en Rocafuerte-Manabí, cuyo objetivo principal fue evaluar la eficacia de tecnologías de nutrición sobre el rendimiento del maíz blanco para consumo en fresco, mediante una metodología T1: Fertilización NPK, T2: Fertilización NPK + coctel biorregulador, T3: Fertilización NPK + Enmienda mejoradora de suelo + coctel biorregulador, T4: Fertilización Completa + Enmienda mejoradora de suelo + coctel biorregulador, y T5: Tratamiento control, Su principal conclusión indica que los tratamientos T2, T3 y T4 alcanzaron la mayor producción de mazorcas comerciales, con incrementos del 27, 31 y 27% en contraste al tratamiento control, y 10, 15 y 12% con relación al tratamiento convencional a base de NPK. El mayor beneficio económico neto fue logrado con el tratamiento T2, con 314 USD ha<sup>-1</sup>. La nutrición foliar complementaria en las fases fenológicas VE, V6 y V10, es efectiva para incrementar el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz blanco para consumo en fresco.

Chipana et al. (2016) en Cusco defendió la tesis titulada “Aspectos que Limitan la Producción del Maíz Blanco Gigante Cusco, cuyo objetivo fue identificar los principales aspectos

que limitan la producción del Maíz Blanco Gigante Cusco”, utilizando una metodología de realizar muestreo por propósito donde el tamaño de la muestra se definió por la capacidad operativa de recolección y análisis. El análisis de la información obtenida fue realizado mediante el software Atlas TI 7.0. Para efectos de confiabilidad, se evaluó la guía de la entrevista de expertos ligados al tema de investigación, el presente estudio consiguió identificar cuáles son los posibles aspectos que impiden el crecimiento de la producción del Maíz Blanco Gigante Cusco. Los entrevistados respondieron que los aspectos que limitan la producción son: el constante cambio de clima, la presencia de minifundios, escasez de recursos humanos calificados, escasez de agua, apoyo inadecuado del gobierno, falta de acceso a tecnología para cultivo, falta de acceso a financiamiento adecuado, incremento de enfermedades y plagas, y finalmente la falta de abonos y fertilizantes.

Regalado (2019) en Apurímac defendió la tesis titulada Efecto de la aplicación combinada de materia orgánica y fertilizantes minerales en la recuperación de suelos degradados e incremento del rendimiento de maíz choclo en Shupluy, Yungay, la cual tuvo como objetivo principal determinar los niveles óptimos fertilización para incrementar el rendimiento de choclo (*Zea maíz*) Blanco Urubamba en el Callejón de Huaylas. Cuya metodología utilizada fue el diseño experimental de Bloque Completamente al Azar (DBCA) con ocho tratamientos y tres repeticiones, además se evaluó el peso de las mazorcas a la madurez fisiológica, el rendimiento de grano por parcela y el rendimiento de grano por hectárea (Ton), al culminar la investigación se concluyó que con el tratamiento T4 se obtuvo la mayor producción con 6,781 kg ha<sup>-1</sup>, siendo los niveles óptimos de fertilización para incrementar el rendimiento de choclo en grano es: 248 N – 169 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 93 K<sub>2</sub>O.

Cervantes (2020), defendió la tesis titulada fertilización en el rendimiento del maíz amiláceo (*Zea mays* L.) variedad blanco Urubamba en condiciones edafoclimáticas de Shurapampa – Aparicio Pomares Yarowilca, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la fertilización en el rendimiento del maíz amiláceo (*Zea mays* L.) variedad blanco Urubamba en condiciones edafoclimáticas de Shurapampa – Yarowilca, utilizando una metodología de investigación aplicada, nivel experimental, diseño de bloques completos al azar. La prueba de hipótesis fue con la técnica de análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan al 1 y 5 % de nivel de significación, los datos registrados fueron: a) Altura de plantas, b) Granos por mazorca, c) Mazorcas por planta, d) Peso de 100 granos al 14 % de humedad, e) Peso de mazorcas por área neta experimental, f) Peso de granos por área neta experimental y g) Rendimiento estimado a hectárea, su principal conclusión fue que existe un efecto significativo de las dosis de NPK con adición de compost en altura de planta, mazorcas por planta, al reportar 137,40 gramos y 2,13 mazorcas por planta, mas no así en granos por mazorca quien obtuvo 137,40 granos, existe efecto significativo de la dosis de fertilización con adición de compost en peso de mazorcas con 3,28 y 3,19 kilos y peso de granos con 2,66 y 2,49 kilogramos por área neta experimental que transformados a hectáreas son 10,24 y 8,31 t ha<sup>-1</sup> de peso de mazorcas y granos respectivamente, y en peso de 100 granos con 102 y 100,33 gramos con las dosis 120 – 100 – 80 y 140 – 120 – 100 con adición de compost respectivamente.

Vásquez (2019), en Cutervo defendió la 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, cuyo objetivo fue 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, la metodología utilizada fue evaluar nueve tratamientos en tres

repeticiones y en tres localidades, empleándose el análisis combinado. Se determinaron datos biométricos de rendimiento de grano. Los mejores rendimientos para localidad por dosis de fertilización se obtuvieron en el Valle Conday, con 110-50-40 y 105-48-34 de NPK y con rendimientos de 9.03, 7.90 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, seguido por Lirio Bajo, con 7.85 t ha<sup>-1</sup>, que tuvieron rendimientos comparables, mientras que los rendimientos en la localidad Chaquil fueron inferiores, con solo 4.58, 3.93 y 3.31 t ha<sup>-1</sup> para las tres dosis de fertilización correspondientemente, llegando a la conclusión que los mejores rendimientos para variedad por dosis de fertilización se obtuvieron 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<sup>-1</sup> respectivamente, seguido por la variedad INIA 603 con dosis 110-50-40 NPK con 7.01 t ha<sup>-1</sup>, que tuvieron rendimientos comparables, mientras que la variedad INIA-601 sin fertilización rindió solo 5.01 t ha<sup>-1</sup>. La localidad óptima fue en la localidad Valle Conday, con la variedad local y con dosis de 110-50-40 NPK, con un máximo rendimiento de 10.21 t ha<sup>-1</sup>, 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. La característica más relacionada con rendimiento fue número de granos por mazorca, encontrándose que la variedad local en el Valle de Conday tuvo el máximo número con 424.33 granos en promedio por mazorca, mientras que en Lirio Bajo con la variedad INIA 603 y sin fertilización produjo 115.65 granos por mazorca. El tratamiento más rentable fue la localidad Valle Conday, con la variedad local y con dosis de 110 N-50 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-40 K<sub>2</sub>O, con un beneficio de S/ 16,702.30 y un índice de rentabilidad de S/ 5.49.

MIDAGRI (2020), en la investigación titulada maíz amiláceo Cumbemaino con capacidad con capacidad de incrementar producción por hectárea, tuvo como finalidad incrementar la cosecha por hectárea llegando a producir 3 toneladas en promedio, superando los 800 kilos que

llegan las otras variedades, cuya metodología fue la producción de un nuevo cultivar como trabajo de 12 años de investigación realizado por especialistas del Programa Nacional de Maíz de la Estación Experimenta Agraria Baños del Inca del INIA-MINAGRI, región Cajamarca. El proceso incluyó técnicas de retrocruzamiento usando germoplasma y la participación de productores de las regiones de Cajamarca, Ancash y Amazonas, siendo su aporte principal poner a disposición de los agricultores una nueva variedad de maíz amiláceo que, por su alta calidad genética, permitirá incrementar la productividad por hectárea y mejorar, en un 50%, la rentabilidad económica de más de 220 mil pequeños agricultores, aproximadamente. Se trata del maíz INIA 623 CUMBEMAINO, que tiene como principal característica la capacidad de incrementar la cosecha por hectárea llegando a producir 3 toneladas en promedio, superando los 800 kilos que llegan las otras variedades. Además posee las condiciones para producir de 2 a 3 mazorcas por planta, finalmente se concluye que esta variedad, desarrollada por el MINAGRI a través del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), posee resistencia a la pudrición de mazorca generado por el insecto Helicoverpazea y el hongo Fusarium, ofrece granos de buena textura, con porcentaje de desgrane de 89% y un peso de 550 gramos, así como adaptabilidad a un rango de altitud comprendido entre 2,500 a 3,000 msnm, además INIA 623 CUMBEMAINO, beneficiará la economía de más de 120 mil agricultores de la región de Cajamarca distribuidos en las provincias de Contumazá, San Marcos, San Miguel, Cutervo, Cajabamba y Cajamarca.

## 2.2 Marco teórico

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

El maíz es un cereal originario de América, cuya importancia en la alimentación humana ha permitido el desarrollo de las culturas peruanas chavín, Nazca, Paracas, Chimú y del imperio incaico, así como de los Mayas en Guatemala y Azteca en México. Con el descubrimiento de América en 1492 por Cristóbal Colón, se inicia la dispersión de este cereal a los demás continentes. Según Ornetá (2018) el centro geográfico de origen y dispersión se ubica en el Valle San Juan de Tehuacán, en la denominada Mesa Central de México a 2500 msnm. En este lugar se han encontrado restos arqueológicos de plantas de maíz que, se estima, datan del 7000 a.C. Teniendo en cuenta que ahí estuvo el centro de la civilización Azteca es lógico concluir que el maíz constituyó para los primitivos habitantes una fuente importante de alimentación. Aun, se pueden observar en las galerías de las pirámides pinturas, grabados y esculturas que representan al maíz.

### 2.2.2 Requerimientos edafoclimáticos

**Clima.** Mendoza et al. (2024) refiere que el maíz requiere una temperatura de 25 a 30 °C. Asimismo, requiere abundante incidencia de luz solar y en climas húmedos su rendimiento es más bajo, para que se produzca la germinación de la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C. El maíz puede llegar a soportar temperaturas mínimas de hasta 8 °C y a partir del 30 °C empiezan a aparecer graves problemas debido a una mala permeabilidad de nutrientes minerales, asimismo, para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32 °C.

**Altitud.** Mendoza et al. (2024) señala que el maíz presenta un buen desarrollo vegetativo a partir de los 5 metros de altura y en altitudes superiores a los 1000 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, en la región de la sierra, se recomienda cultivar maíz a una altitud de entre 2000 y 3000 metros sobre el nivel del mar para optimizar su crecimiento

**Suelo.** El maíz muestra una clara preferencia por suelos ricos en materia orgánica y que posean adecuadas propiedades físicas y biológicas. Aunque los suelos francos, profundos y con un alto nivel de fertilidad son los más favorables, la adaptabilidad en este aspecto también es importante. Según Ortigoza et al. (2019) el suelo ideal para su cultivo tiene una textura intermedia, variando de franco a franco-arcilloso. Además, es fundamental que estos suelos sean bien drenados y aireados, ya que el maíz es uno de los cultivos menos tolerantes a la baja difusión de aire en el suelo. Además, se destaca que el pH óptimo para la siembra de maíz se sitúa entre 5,5 y 7,0; fuera de estos límites, pueden surgir problemas de toxicidad relacionados con ciertos elementos.

**Agua.** El cultivo de maíz es muy susceptible a la falta de agua, especialmente en el período entre floración y llenado de grano. Ortigoza et al. (2019) afirma que esta etapa es fundamental para determinar el rendimiento del cultivo. A lo largo de su ciclo, el requerimiento hídrico del maíz es entre 500 y 700 mm de precipitación, la cual debe estar bien distribuida para asegurar un crecimiento óptimo durante el ciclo del cultivo.

### **2.2.3 Control integrado de plagas**

El manejo integrado de plagas es el trabajo agrícola que utiliza técnicas y métodos apropiados para el control de plagas, manteniéndolas en niveles que no causen daño económico. Este enfoque busca trabajar en armonía con la naturaleza, en lugar de hacerlo en su contra. Ortigoza et al. (2019) destaca esta metodología de manejo integrado de plagas es fácil de implementar en el cultivo de maíz, donde se pueden aplicar diversas formas de control, como el control cultural, biológico, químico.

#### **2.2.4 *Requerimiento nutricional***

Barreiro y Velásquez (2021), menciona que el maíz requiere altos niveles de fertilización para producir bien; así, el maíz extrae del suelo 90 Kg. de N, 27 Kg. de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 26 Kg. K<sub>2</sub>O, 11 Kg. de calcio, 13 Kg. de Mg; 10 Kg. de S, por cada 100 quintales de grano de maíz.

Mieles (2020) asevera que, de los trece elementos esenciales obtenidos del suelo, seis son los requeridos relativamente en grandes cantidades: nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio, los cuales se encuentran en cantidades mayores de 0.05% en peso seco y se designan como macronutrientes, los otros elementos como hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno y cloro, son utilizados en muy pequeñas cantidades, encontrándose en cantidades menores de 0.005% en peso seco y son llamados micronutrientes.

#### **2.2.6 *Fertilización***

El abonamiento se debe realizar cuando el suelo se encuentra húmedo, pero si no presenta la humedad suficiente, es preferible no suministrar el fertilizante. En el maíz se recomienda aplicar el abono en dos momentos: primero, el abono orgánico al momento de la siembra y posteriormente el abono químico al momento de realizar el aporque colocando el fertilizante a una distancia de 5 – 10 cm de la planta, pero si se da el caso de que el terreno está en pendiente se debe colocar en la parte superior.

Cervantes (2020) indica que cuando el fertilizante se coloca cerca de la planta puede ocasionar quemaduras y si se pone muy distante no será aprovechado por las raíces de la planta. Además, si el fertilizante aplicado en la superficie no se tapa se evaporará, del mismo modo las cantidades de abono necesarias están relacionadas con los factores de fertilidad natural de los suelos, pendiente del terreno, grado de erosión, clima, estado vegetativo de los cultivos, tipo de abono y cantidad disponible.

Para precisar la cantidad de abono que se debe utilizar es importante realizar un análisis de suelo, el cual permitirá utilizar el abono de manera adecuada. Las Dosis de fertilización son: 96-50-50 kg de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) respectivamente y para la conservación de la fertilidad del suelo se recomienda realizar un abonamiento mixto orgánico y químico.

**Nitrógeno (N).** El suministro de Nitrógeno de síntesis química es justificado por la adopción de tecnologías que basan su máxima capacidad productiva en el uso de estos agroquímicos. En el cultivo de maíz Sosa (2018) asevera que se ha demostrado un efecto proporcional de los rendimientos conforme se incrementan los niveles de fertilización, pero en esta búsqueda de productividad pocas veces se estima la eficiencia del uso de los nutrientes, definida como la biomasa total producida por la planta por unidad del nutriente absorbido. En el maíz se mostraron valores sobre la eficiencia agronómica de N, que variaron entre 23,6 y 33,3 kg de grano/kg N aplicado

De igual manera Barreiro y Velásquez (2021) indican que, en la producción de granos destinados al consumo humano, como el maíz, la disponibilidad de nitrógeno en el suelo es un factor limitante debido al alto contenido proteico de este cultivo. Las deficiencias de nitrógeno durante el cultivo de maíz reducen la producción de biomasa al afectar significativamente la síntesis de proteínas necesarias para el crecimiento celular. Esto resulta en una disminución del área foliar de las plantas de maíz y, por consiguiente, en una reducción de la producción de fotoasimilados.

**Cobre (Cu).** El cobre es un metal esencial para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas. Villegas et al. (2015) asevera que, el contenido en sus tejidos es de 10  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , este elemento participa en los procesos bioquímicos tales como la fotosíntesis, respiración, respuesta al estrés oxidativo, metabolismo de la pared celular y señalización de hormonas, cofactor de varias enzimas

como el superóxido dismutasa, citocromo oxidasa, amino oxidasa, la casa, plastocianina y polifenol oxidasa, además juega un papel esencial de señalización de transcripción y tráfico de proteínas

Del mismo modo, Barreiro y Velásquez (2021), mencionan que el cobre es absorbido como ion divalente ( $\text{Cu}^{+2}$ ), el cual participa en la activación de enzimas. Un exceso de este elemento resultaría tóxico para la planta, las deficiencias se presentan en caso de excesos de fósforo. Asimismo, deficiencias moderadas y agudas dan síntomas visibles en las partes apicales de la planta, aunque no son tan vistosas, el maíz es mediamente sensible.

Por otro lado, Vásquez (2019), manifiesta que el cobre es un componente de las enzimas el cual colabora en la síntesis de clorofila y en la respiración de vital importancia para la planta.

#### **2.2.5 Sinergismo de cobre (Cu) y nitrógeno (N)**

El Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura (INTAGRI, 2016) asevera que el antagonismo entre los nutrientes se produce por las interacciones entre iones con propiedades fisicoquímicas similares como es la valencia y/o el diámetro del ion. La competencia que se da entre los iones puede darse por la entrada a un mismo canal proteico o por la unión a una proteína transportadora. Es por lo que, Altas cantidades de nitrógeno inmovilizan al cobre y con ello aumenta el riesgo de su deficiencia. Se ha demostrado que las plantas presentan deficiencias de cobre cuando estas son sometidas a tratamientos donde la aportación de cobre es mínima, mientras que la de nitrógeno es elevada, demostrando que altos niveles de este último inhiben la absorción del cobre, disminuyendo el rendimiento de los cultivos.

Por ello, No se debe exagerar en la dosificación de nitrógeno para evitar su antagonismo con el cobre como se ha explicado anteriormente. Cuando el suministro de cobre es suficiente y se

tiene un aporte alto de nitrógeno, se genera un efecto positivo sobre el rendimiento del grano en el cultivo. El rendimiento que se alcanza al suministrarlos suficientemente es superior al que se obtiene si se aplican de manera individual.

### **2.3 Definición de términos básicos**

***Sinergismo.*** El sinergismo entre los nutrientes ocurre generalmente entre nutrientes que tienen diferente valencia y principalmente con nutrientes catiónicos que están relacionados con la absorción de los iones de nitrógeno en forma de nitrato (INTAGRI, 2016)

***Rendimiento.*** Esta determinado principalmente por el número final de granos logrados por unidad de superficie, el cual está en función de la tasa de crecimiento del cultivo alrededor del período de floración. Por lo tanto, para alcanzar altos rendimientos, el maíz debe lograr un óptimo estado fenológico en floración. (Barreiro y Velasquez,2021)

***Fertilizante.*** Son compuestos químicos sintéticos que contienen uno o más nutrientes minerales que requieren las plantas y a su aplicación se les llama fertilización, entre ellos tenemos: Urea, cloruro de potasio, fosfato di amónico, súper fosfato triple de calcio etc. (Vásquez, 2019)

***Cobre.*** El cobre ayuda a formar lignina en las paredes celulares, que proporcionan soporte para mantener las plantas en posición vertical. Es particularmente importante para la formación de polen viable, la formación de semillas y la resistencia al estrés (INTAGRI;2020).

***Nitrógeno.*** Forma parte de las proteínas, enzimas y clorofila, por tanto, es esencial en los procesos de síntesis de proteínas y en la fotosíntesis, asimismo, destaca el aceleramiento de la división celular, y la elongación de las raíces (Acosta,2021).

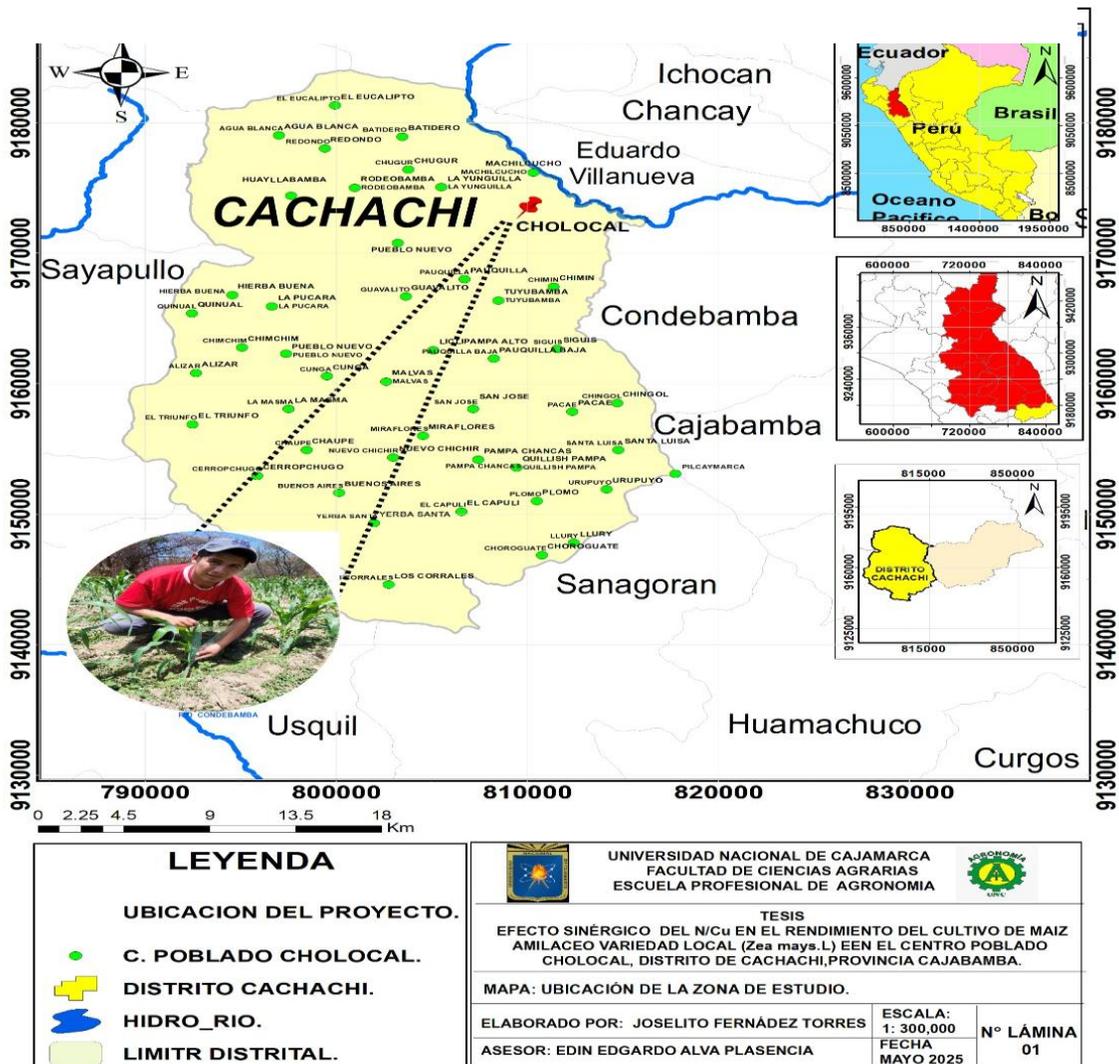
## CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Ubicación del experimento

El trabajo de investigación fue realizado en el centro poblado Cholocal, distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba, geográficamente localizado a 780713 m E y 9154636 m N y a una altitud de 2045 m.s.n.m.

**Figura 1**

*Ubicación del área de estudio.*



## **3.2 Materiales**

### **De campo**

Palana, sapa pico, machete, lampa, wincha, balanza, baldes, nota de apuntes, lapicero, cámara fotográfica, teléfono celular, estacas, cordel, etiquetas,

### **Biológico**

Semilla de maíz (Zea maíz. L)

### **De gabinete**

Cartilla de apuntes, bolígrafos, balanza, celular, laptop, papel bond, impresora, lápiz, borrador.

### **Insumos**

Urea, sulfato cúprico, superfosfato triple, cloruro de potasio, insecticida para controlar Spodoptera frugiperda.

### **Servicios**

Alquiler de tractor

Alquiler de yunta.

Mano de obra.

### 3.3 Análisis de suelo

**Tabla 1**

*Resultado e interpretación de análisis del suelo*

PARÁMETRO	VALOR	INTERPRETACIÓN
pH	7.9	Suelo ligeramente alcalino. Puede afectar la disponibilidad de los micronutrientes como el Fe, Zn y Mn.
Acidez intercambiable	0.0	Nula. Coincide con el pH alto.
Aluminio intercambiable	0.0	No hay toxicidad por ausencia de aluminio.
Carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> )	18.3	Alto. Suelo calcáreo. Podría generar clorosis férrica en algunos cultivos. Disminuye la eficiencia de fosforados.
Materia orgánica	1.0%	Muy baja. Se requiere incorporar abonos orgánicos o enmiendas para mejorar la estructura del suelo.
Fósforo disponible	1.6 mg/kg	Deficiente.
Conductividad eléctrica	0.09 dS/m	Bajo. No salino.
Nitrógeno total	0.05%	Bajo. Deficiencia importante. Requiere aplicación de N, fraccionado según el cultivo y etapa fenológica.
Potasio disponible	56.7 mg/kg	Nivel medio-bajo. Se requiere aplicar potasio, sobre todo en cultivos exigentes.

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).

### 3.4 Variables

#### 3.4.1 Variables independientes

- Nitrógeno
- Cobre

#### 3.4.2 Variables dependientes

**Rendimiento.** Altura de planta, peso de mazorca con brácteas, peso de mazorcas sin brácteas, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, peso de granos por mazorca.

### 3.5 Metodología

#### 3.5.1 Conducción del terreno

**Preparación del Terreno.** La preparación del terreno se llevó a cabo en el mes de julio 2024. se realizaron dos aradas, estas labores se realizaron de forma mecanizada.

**Selección de Semilla.** Se seleccionaron los granos con mejores condiciones de la campaña anterior.

**Preparación de Surcos.** Los surcos se realizaron en dirección a la salida del sol. La distancia entre surco fue de 80 cm y entre golpes de 50 cm. Esta labor lo realizó una yunta.

**Distribución de Campo Según (DBCA).** Se llevó a cabo una vez realizado el surcado y siembra. Utilizamos wincha, rafia y estacas.

**Siembra.** La siembra se realizó el 18 de agosto del 2024. En esta etapa se aplicó un 20% de N y el 100% de P, K y Cu. Luego de eso se aplicó un riego.

**Riegos.** Los riegos se realizaron cada 7 días en ausencia de lluvias.

***Deshierbo y Aporque.*** Se llevó a cabo cuando la planta de maíz tuvo una altura de 50 cm aproximadamente. El deshierbo ayudo a controlar malezas que hacían competencia al cultivo. El aporque dio mayor soporte y evito el acame por la presencia de vientos. En esta labor también se aplicó el porcentaje restante de del N. (80%)

***Control de Plagas y Enfermedades.*** Esto ayudó a contralar plagas y enfermedades a tiempo y de esta manera se realizó un control adecuado del cogollero. Se Utilizó el insecticida de ingrediente activo Alfa-Cipermetrina.

***Cosecha.*** La cosecha se realizó en estado de choclo a los 90 días después de la siembra.

### ***3.5.2 Parámetros de Evaluación***

***Altura de Planta.*** Se realizó midiendo desde la base de la planta hasta la panoja o flor masculina.

***Diámetro de Mazorca.*** Se llevó a cabo en gabinete, se utilizó un vernier. Se tomaron la medida de 4 mazorcas seleccionadas al azar de cada uno de los tratamientos.

***Longitud de Mazorca.*** Para medir la longitud nos apoyamos con un vernier. Se utilizaron las 4 mazorcas seleccionadas para obtener el diámetro, los 4 datos obtenidos los sumamos y lo dividimos entre 4, de esta manera obtuvimos un promedio de manera homogénea.

***Peso de Mazorcas.*** El peso se realizó con brácteas y sin brácteas. Las mazorcas utilizadas fueron las que se utilizaron para medir diámetro y longitud. Los datos obtenidos se sumaron y dividieron obteniendo un promedio homogéneo.

***Peso de Granos.*** Se desgranó cada una de las mazorcas. Luego se pesó solo los granos. Sumamos los pesos, dividimos y obtuvimos el promedio.

**Rendimiento.** Los datos obtenidos de peso de mazorca y granos fueron llevados a hectárea logrando determinar el rendimiento para cada uno de los tratamientos. Luego realizamos comparaciones entre tratamientos y testigo.

### 3.5.3 Descripción de tratamientos y diseño experimental

En este estudio se empleó el diseño de bloques completamente al azar, con 6 tratamientos y 1 testigo, constó de 3 repeticiones (tres bloques), distribuidos al azar en cada unidad experimental dentro de cada uno de los bloques.

**Tabla 2**

*Dosis de nitrógeno y cobre*

<b>N (kg ha-1)</b>	<b>P2O5 (kg ha-1)</b>	<b>K2O2(kg ha-1)</b>	<b>Cu (kg ha-1)</b>
160	110	100	0
200	110	100	0.03
240	110	100	0.05

*Nota:* Elaboración propia en base a la dosis y tratamientos de NPK y Cu.

**Tabla 3***Tratamientos en el estudio*

Factores	Niveles	Tratamientos
Nitrógeno (N)	(160 kg ha-1)	T0: Sin fertilización
	(200 kg ha-1)	T1: 160 – 110 – 100 – 0.03
	(240 kg ha-1)	T2: 160 – 110 – 100 – 0.05
Cobre (Cu)	(0.03 kg ha-1)	T3: 200 – 110 – 100 – 0.03
		T4: 200 – 110 – 100 – 0.05
	(0.05 kg ha-1)	T5: 240 – 110- 100 – 0.03
		T6: 240 – 110 – 100 – 0.05

*Nota.* Muestra de cómo serán distribuidos todos los tratamientos.

**Tabla 4***Dosis de fertilizantes por tratamiento*

<b>Fertilizante</b>	<b>Dosis</b>	<b>Kg ha-1</b>	<b>gr/parcela</b>	<b>Plantas por parcela</b>	<b>gr/planta</b>
<b>Nitrógeno (UREA)</b>	<b>1</b>	160	500	36	13.9
	<b>2</b>	200	626	36	17.4
	<b>3</b>	240	752	36	20.9
<b>Fósforo (Super Fosfato Triple)</b>	<b>1</b>	110	345	36	9.6
	<b>2</b>	110	345	36	9.6
	<b>3</b>	110	345	36	9.6
<b>Potasio (Cloruro de Potasio)</b>	<b>1</b>	100	241	36	6.7
	<b>2</b>	100	241	36	6.7
	<b>3</b>	100	241	36	6.7
<b>Cobre</b>	<b>1</b>	0.03	0.1728	36	0.0048
	<b>2</b>	0.05	0.288	36	0.008

**3.5.3 Distribución de las parcelas y bloques**

El trabajo de investigación consta de 3 bloques de 5 m de ancho y 21 de largo, considerando entre bloque 1 metro de distancia dentro de cada uno existen 7 parcelas incluyendo el testigo, siendo 6 de ellas con distintas dosis de fertilizante.

**Tabla 5***Campo experimental*

<b>Bloques</b>		
Número de bloques	3	
Largo de bloque	21	m
Ancho de bloque	5	m
Superficie de bloque	105	m <sup>2</sup>
<b>Parcelas experimentales</b>		
Largo	5	m
Ancho	3	m
Área total	15	m <sup>2</sup>
Número de parcelas por bloque	7	
<b>Surcos</b>		
Cantidad de surcos por parcela	6	
Espacio entre surcos	0.8	m
Espacio entre plantas	0.50	m
Número de plantas por parcela	36	Unidad

**Figura 2**

*Distribución de los tratamientos en el campo experimental.*

BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE
T1	T0	T2
T3	T4	T5
T4	T2	T3
T5	T5	T0
T2	T3	T6
T6	T6	T1
T0	T1	T4

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis estadístico de variables evaluadas en el cultivo de maíz

#### 4.1.1 Altura de planta

Tabla 6

*Análisis de varianza para la altura de planta*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Bloque	38.38	2	19.19	1.11	0.3612
Tratamientos	45869.57	6	7644.93	443.38	0.0000
Nitrógeno (N)	13706.27	2	6853.14	397.51	0.0000
Cobre (Cu)	1073.39	1	1073.39	62.26	0.0000
N*Cu	4205.47	2	2102.73	121.97	0.0000
Error	206.91	12	17.24		
Total	65099.985	20			

**CV = 1.19 %**

Los resultados del análisis de varianza para la altura de planta demuestran que no se encontraron diferencias significativas entre los bloques, dado que el valor de significancia obtenido para esta fuente de variación es de 0.3612, superior al 0.05. Este resultado indica que los bloques no influyeron sobre la altura de las plantas de maíz, lo que indica que las condiciones experimentales fueron homogéneas entre estos. De igual manera, para los tratamientos se muestra significancia en relación con la altura de planta, dado que el valor de significancia fue de 0.0000. Esto evidencia que al menos uno de los tratamientos evaluados influyó de manera significativa en el desarrollo de la altura de las plantas.

Para los efectos principales indica que el nitrógeno (como factor independiente), tuvo un impacto altamente significativo en la altura de las plantas, dado que el valor de significación (p-

valor = 0.0000) fue menor al 0.05. Esto refleja que las distintas dosis de nitrógeno aplicadas permitieron obtener alturas de plantas de maíz distintas. De manera similar, el cobre también mostró un efecto significativo (p-valor = 0.0000). Este resultado demuestra que las dosis de cobre utilizadas en el experimento también influyeron de manera independiente en el crecimiento de las plantas de maíz.

La interacción entre los factores nitrógeno y cobre también resultó ser significativa, dado que el valor de significación (p-valor = 0.0000) para esta fuente es menor al 0.05. Este resultado muestra que la combinación de ambos factores produce un efecto asociado sobre la altura de planta, es decir, que la altura no puede explicarse únicamente por sus efectos individuales. La interacción significativa implica que los niveles de nitrógeno y cobre tienen un efecto sinérgico en el desarrollo del cultivo de maíz amiláceo.

El coeficiente de variación obtenido es de 1.19 %, 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.

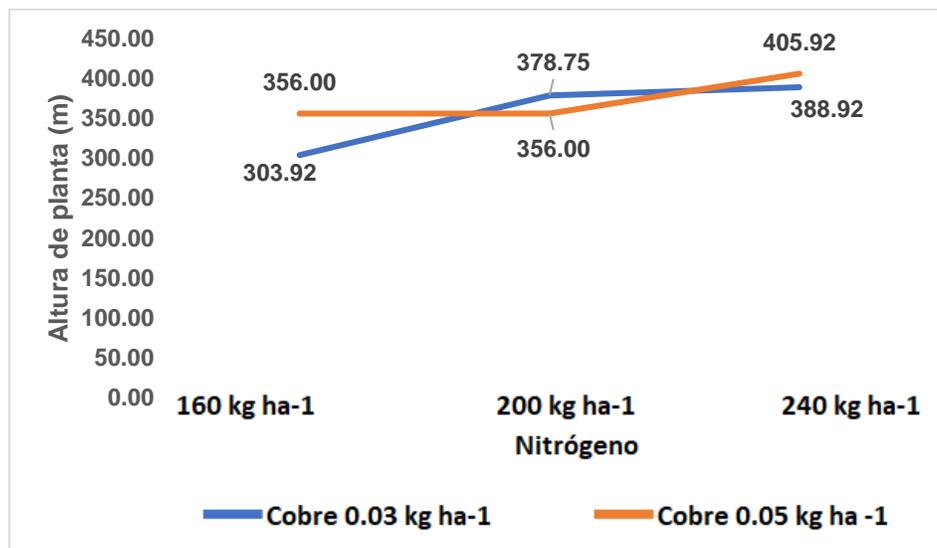
**Tabla 7***Prueba de Tukey para la altura de planta (m)*

<b>Tratamiento</b>	<b>Nitrógeno (kg ha-1)</b>	<b>Cobre (kg ha-1)</b>	<b>Altura de planta (m)</b>	<b>Agrupación</b>
T6	240	0.05	405.92	A
T5	240	0.03	388.92	B
T3	200	0.03	378.75	B
T2	160	0.05	356.00	C
T4	200	0.05	356.00	C
T1	160	0.03	303.92	D
		Testigo	262.67	E

La prueba de Tukey (Tabla 5) muestra diferencias en la altura de las plantas entre los tratamientos evaluados y el testigo, ubicándose este último en un grupo claramente diferenciado con la menor altura promedio (262.67 cm). El tratamiento con 240 kg ha-1 de nitrógeno y 0.05 kg ha-1 de cobre produjo la mejor altura de planta (405.92 cm) en comparación con los demás tratamientos, lo que muestra que la combinación de altas dosis de ambos nutrientes genera un impacto positivo notable en el crecimiento del maíz amiláceo. Los tratamientos con dosis medias y bajas de nitrógeno y cobre también presentaron diferencias importantes respecto al testigo, aunque con menores alturas en comparación con los tratamientos del grupo superior. La tendencia general muestra que la fertilización incrementa significativamente la altura de las plantas en comparación con la ausencia de fertilización, lo que resalta la importancia de un manejo adecuado de ambos nutrientes para optimizar el rendimiento del cultivo.

**Figura 3**

*Efecto de la interacción del nitrógeno y cobre en la altura de planta (m).*



Los datos presentados en la figura 3, muestran que el nitrógeno y el cobre influyen positivamente en la altura de planta, y se observa un efecto sinérgico entre ambos nutrientes en algunas combinaciones. Cuando se analiza la influencia del cobre, se aprecia que las plantas fertilizadas con 0.05 kg ha<sup>-1</sup> de cobre alcanzan mayores alturas en comparación con aquellas que recibieron 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, especialmente cuando se aplica la dosis más alta de nitrógeno (240 kg ha<sup>-1</sup>). En este tratamiento, la combinación de 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.05 kg ha<sup>-1</sup> de cobre generó la mayor altura de planta (405.92 cm), lo que demuestra un efecto positivo conjunto de ambos nutrientes, estos resultados coinciden con los que reporta, Gavilánez (2022) en “efecto de la aplicación de tres dosis de sulfato de cobre pentahidratado, como fertilizante foliar en el cultivo de maíz duro (*Zea mays* L.), cantón babahoyo, provincia los ríos”. Indicando que registró una respuesta de numérica mayor con una dosis 750 cc ha<sup>-1</sup> de Sulfato de Cobre Pentahidratado, como Fertilizante Foliar con una altura de 270,47 cm

En términos de interacción entre los factores, los resultados son variados según la dosis de nitrógeno. Con 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, se observaron alturas de planta de 378.75 cm cuando se aplicaron 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre y de 356.00 cm cuando se utilizaron 0.05 kg ha<sup>-1</sup> de cobre. Esto evidencia que, a este nivel de nitrógeno, una dosis menor de cobre genera mayores alturas en comparación con una dosis alta de cobre, lo que sugiere una posible saturación del efecto del cobre en este rango de nitrógeno, al respecto, Condori (2019) en “Efecto del nitrógeno en el crecimiento y rendimiento en forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y sorgo (*Sorghum vulgare* L.)” obtuvo la mayor altura de tallo en maíz, cebada, arroz y sorgo con dosis de 237 y 285 ppm N.

Por otro lado, a 160 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, el incremento en la dosis de cobre de 0.03 kg ha<sup>-1</sup> a 0.05 kg ha<sup>-1</sup> produjo un aumento notable en la altura de planta, pasando de 303.92 cm a 356.00 cm, lo que muestra que, en dosis bajas de nitrógeno, el cobre tiene un impacto importante en el crecimiento de las plantas, referente a esto, Cuadra (1988) en “efecto de diferentes niveles de nitrógeno, espaciamiento y poblaciones sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) menciona que, la combina nitrógeno (140 kg ha<sup>-1</sup>) y densidad de siembra 83250 plantas por hectárea alcanzo una altura de planta de 172 cm.

Los resultados indican que ambos factores, nitrógeno y cobre, interactúan de manera positiva, pero el efecto del cobre es más pronunciado a dosis altas de nitrógeno. Las combinaciones con mayores dosis de ambos nutrientes generaron las mayores alturas de planta, mientras que los tratamientos con dosis bajas presentaron valores significativamente menores

Woldesenbet y Haileyesus (2016) reportan que la altura de planta aumentó con niveles incrementales de nitrógeno; Alvarez et al. (2017) indican que la altura de la planta incrementa con 240 Kg N ha<sup>-1</sup>.

#### 4.1.2 *Peso de mazorcas (kg ha<sup>-1</sup>) con brácteas*

**Tabla 8**

*Análisis de varianza para el peso (kg ha<sup>-1</sup>) de mazorcas con brácteas*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	2358.86	2	1179.4286	1.6125	0.2397
Tratamientos	345695232	6	57615872	78771.7	0.0000
Nitrógeno (N)	216863296	2	108431648	148246.39	0.0000
Cobre (Cu)	4608.00	1	4608	6.30	0.0274
N*Cu	1479744	2	739872	1011.54	0.0000
Error	8777.14	12	731.4286		
Total	564054016	20			

**CV = 0.21 %**

Los resultados del análisis de varianza para el rendimiento de mazorcas con bráctea demuestran que no se encontraron diferencias significativas entre los bloques, ya que el valor de significancia obtenido para esta fuente de variación fue de 0.2397, superior al 0.05. Esto indica que las diferencias en el rendimiento de mazorcas no se vieron influenciadas por las variaciones entre los bloques, lo que indica que las condiciones experimentales fueron homogéneas. Además, se observa significación para los tratamientos, dado que el valor de significancia para esta fuente fue de 0.0000, inferior al 0.05. Este resultado indica que al menos uno de los tratamientos aplicados se diferenció del resto respecto al rendimiento de las mazorcas con bráctea.

Con respecto a los efectos principales, se observa que el nitrógeno y el cobre de manera independiente presentaron efectos significativos ( $p < 0.05$ ), lo que indica que las distintas dosis de ambos factores de manera independiente generan diferencias en el rendimiento de mazorcas de maíz con brácteas.

Respecto a la interacción (N\*Cu), los resultados indican que existe significación para esta fuente, dado que el valor de significancia obtenido fue de 0.0000, lo que indica que la combinación de ambos factores tiene un efecto conjunto en el rendimiento de mazorcas con bráctea. Esto implica que el rendimiento obtenido no puede explicarse únicamente por los efectos individuales del nitrógeno o del cobre, sino que existe un efecto sinérgico cuando ambos nutrientes son aplicados en conjunto, potenciando el rendimiento del cultivo.

El coeficiente de variación obtenido es de 0.21 %, lo que se considera adecuado para el experimento realizado. Este valor refleja una baja variabilidad de los resultados del rendimiento de mazorcas con bráctea dentro de cada tratamiento evaluado, lo que indica una buena confiabilidad de los resultados obtenidos respecto a esta variable.

**Tabla 9**

*Prueba de Tukey para para el rendimiento de mazorcas con bráctea*

<b>Tratamiento</b>	<b>Nitrógeno (kg ha-1)</b>	<b>Cobre (kg ha-1)</b>	<b>Rendimiento (kg ha-1)</b>	<b>Agrupación</b>
T6	240	0.03	17424	A
T5	240	0.05	16584	B
T3	200	0.05	15208	C
T2	200	0.03	14776	D
T4	160	0.05	9000	E
T1	160	0.03	8688	F
	Testigo		6576	G

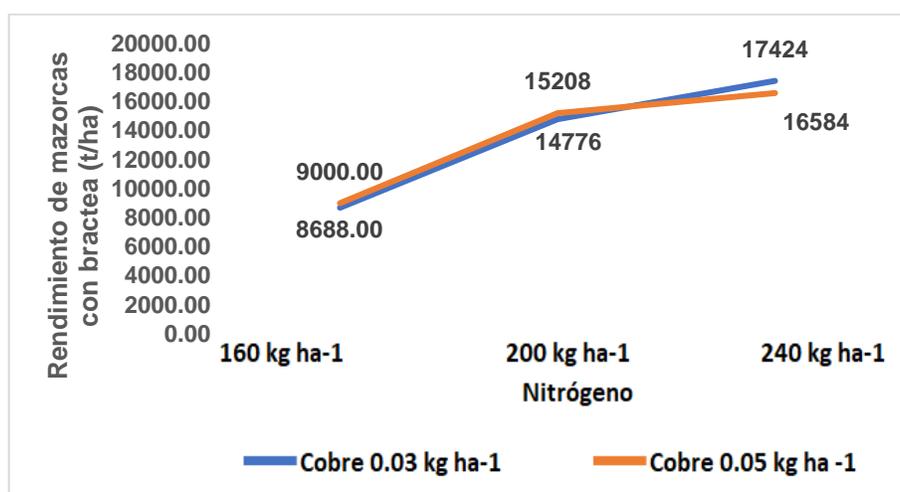
La prueba de Tukey evidencia diferencias significativas en el rendimiento de mazorcas con bráctea entre los tratamientos evaluados y el testigo. Este último, que no recibió fertilización, obtuvo el menor rendimiento, con 6576 k ha<sup>-1</sup>, ubicándose en el grupo G, muy por debajo de los demás tratamientos. El mayor rendimiento se obtuvo con 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, alcanzando 17424 k ha<sup>-1</sup> y situándose en el grupo A, lo que refleja que esta combinación es la más efectiva para maximizar la producción de mazorcas.

El tratamiento con 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.05 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, así como aquellos con 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno en diferentes dosis de cobre, también produjeron rendimientos significativamente superiores al testigo, con valores que van desde 16584 kg ha<sup>-1</sup> hasta 14776 kg ha<sup>-1</sup>, agrupándose en las categorías B, C y D. Estos resultados demuestran que la aplicación de fertilizantes, especialmente con mayores dosis de nitrógeno, mejora notablemente el rendimiento del maíz en comparación con la ausencia de fertilización.

Por otro lado, los tratamientos con 160 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y dosis de 0.05 kg ha<sup>-1</sup> o 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre presentaron los rendimientos más bajos entre los tratamientos fertilizados, con 9000 kg ha<sup>-1</sup> y 8688 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, pero aun así superaron de manera significativa al testigo. Esto resalta la importancia del nitrógeno en el incremento del rendimiento de mazorcas, ya que las dosis más bajas de este nutriente producen resultados inferiores en comparación con dosis medias y altas.

**Figura 4**

*Prueba de Tukey para para el rendimiento de mazorcas con bráctea.*



El rendimiento de mazorcas con bráctea presenta una tendencia ascendente a medida que aumentan las dosis de nitrógeno, independientemente del nivel de cobre aplicado. Este patrón indica que el nitrógeno tiene un efecto positivo en la producción de mazorcas lo que refleja la importancia de este nutriente en el rendimiento de mazorcas con brácteas, esto coincide con lo que reporta Villaseca (2001) indicando que, El nivel de N tiene un efecto marcado y significativo, sobre el peso de la mazorca, encontrándose que a mayor cantidad de N mayor es el peso de la mazorca, observándose una tendencia positiva, lo cual se debe a la mayor cantidad de nutriente disponible para el crecimiento tanto de la planta como de la mazorca.

Cuando se analizan los niveles de cobre, se observa que el rendimiento es ligeramente mayor en los tratamientos con 0.05 kg ha<sup>-1</sup> de cobre en comparación con 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, particularmente en las dosis medias y bajas de nitrógeno. Por ejemplo, a 160 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, el rendimiento incrementa de 8688 t ha<sup>-1</sup> con 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre a 9000 t ha<sup>-1</sup> con 0.05 kg ha<sup>-1</sup> de cobre. Sin embargo, a medida que se incrementa la dosis de nitrógeno a 240 kg ha<sup>-1</sup>, la

diferencia entre los niveles de cobre tiende a reducirse, lo que indica una posible saturación del efecto del cobre en dosis altas de nitrógeno, al respecto Intagri (2016) menciona que, en condiciones de alta densidad de plantación y dosis de nitrógeno, los híbridos de maíz absorben un 31% del cobre aplicado, lo que resalta la necesidad de monitorear los niveles de este micronutriente para evitar deficiencias o toxicidades, por su parte UAVDibulga (2011) indica que, La toxicidad por Cu afecta a la división celular a nivel del ápice radicular (la punta de la raíz) , a la elongación radicular y también a la organización del sistema, lo que podría influir en el peso de la mazorca en general.

La interacción entre ambos factores muestra un efecto sinérgico, ya que las combinaciones de altas dosis de nitrógeno y cobre generan los mayores rendimientos de mazorcas. El tratamiento con 240 kg ha<sup>-1</sup>de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup>de cobre alcanzó el rendimiento más alto (17424 t ha<sup>-1</sup>), seguido por el tratamiento con 240 kg ha<sup>-1</sup>de nitrógeno y 0.05 kg ha<sup>-1</sup>de cobre (16584 t ha<sup>-1</sup>). Esto evidencia que el cobre potencia el efecto del nitrógeno, aunque a niveles altos de nitrógeno el efecto adicional del cobre es menos marcado, por su parte, Chura y Mendoza (2019) indican que, el efecto de diferentes dosis de nitrógeno (180, 200 y 220 kg ha<sup>-1</sup>) y su fraccionamiento en dos densidades de siembra (62 500 y 69 444 plantas ha<sup>-1</sup>), la aplicación adecuada de nitrógeno, en combinación con una densidad de siembra óptima, puede mejorar el rendimiento del maíz.

El rendimiento de mazorcas con bráctea aumenta significativamente con la aplicación de nitrógeno, y el cobre contribuye a mejorar este rendimiento, particularmente en dosis medias y bajas de nitrógeno. La interacción entre ambos factores muestra un efecto sinérgico que maximiza la producción del cultivo, siendo las combinaciones de altas dosis de ambos nutrientes las que

generan los mayores resultados, En un estudio de Aguilar (2017), se destacó que el maíz requiere alrededor de 20-25 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno por cada tonelada de grano producida.

#### 4.1.3 *Peso de mazorcas (kg ha<sup>-1</sup>) sin brácteas*

**Tabla 10**

*Análisis de varianza para el peso de mazorcas sin brácteas (kg ha<sup>-1</sup>)*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	1152	2	576	0.56	0.58411
Tratamientos	215944594.3	6	35990766	35147.23	0.00000
Nitrógeno (N)	101432128	2	50716064	49527.41	0.00000
Cobre (Cu)	1095200	1	1095200	1069.53	0.00000
N*Cu	19151296	2	9575648	9351.22	0.00000
Error	12288	12	1024		
Total	337636658.3	20			

CV = 0.38 %

El análisis de varianza para el rendimiento de mazorcas sin bráctea muestra significación tanto para los efectos principales de los factores nitrógeno y cobre, como para su interacción (N\*Cu), dado que para cada caso el valor de significación es menor al 0.05. Esto indica que las distintas dosis de nitrógeno y cobre aplicadas de manera independiente, generan diferencias significativas en el rendimiento de mazorcas sin bráctea, evidenciando que ambos nutrientes influyen de forma directa en la productividad del cultivo. Además, el efecto significativo de la interacción entre los dos factores demuestra que el rendimiento no puede explicarse únicamente por los efectos individuales del nitrógeno o del cobre, sino que existe un efecto combinado que potencia los resultados cuando ambos nutrientes se aplican en conjunto. Este efecto sinérgico

refuerza la importancia de manejar adecuadamente la relación entre estos dos fertilizantes para maximizar la producción.

En relación con los bloques, no se encontraron diferencias significativas, ya que el valor de significancia obtenido fue superior a 0.05 (p-valor = 0.5841). Esto indica que las condiciones experimentales fueron homogéneas entre los bloques y no influyeron de manera considerable en el rendimiento del cultivo. Por otro lado, los tratamientos mostraron significancia (p-valor = 0.000), lo que implica que al menos uno de los tratamientos evaluados se diferencia del resto en términos de rendimiento de mazorcas sin bráctea. Esto refuerza la relevancia de evaluar las distintas combinaciones de nitrógeno y cobre para identificar aquellas que generan un mayor impacto en el desarrollo productivo del maíz amiláceo.

El coeficiente de variación obtenido es de 0.38 %, lo que se considera adecuado para el experimento realizado. Este valor refleja una baja variabilidad de los resultados del rendimiento de mazorcas sin bráctea dentro de cada tratamiento evaluado, lo que indica una buena confiabilidad de los resultados obtenidos respecto para esta variable.

**Tabla 11**

*Prueba de Tukey para el peso (kg ha-1) de mazorcas sin brácteas*

Tratamientos	Nitrógeno (kg ha-1)	Cobre (kg ha-1)	Rendimiento de mazorcas sin bráctea (kg ha-1)	Agrupación
T5	240	0.03	14040	A
T6	240	0.05	10728	B
T4	200	0.05	9048	C
T3	200	0.03	8784	D
T2	160	0.05	7392	E
T1	160	0.03	5824	F
	Testigo		3248	G

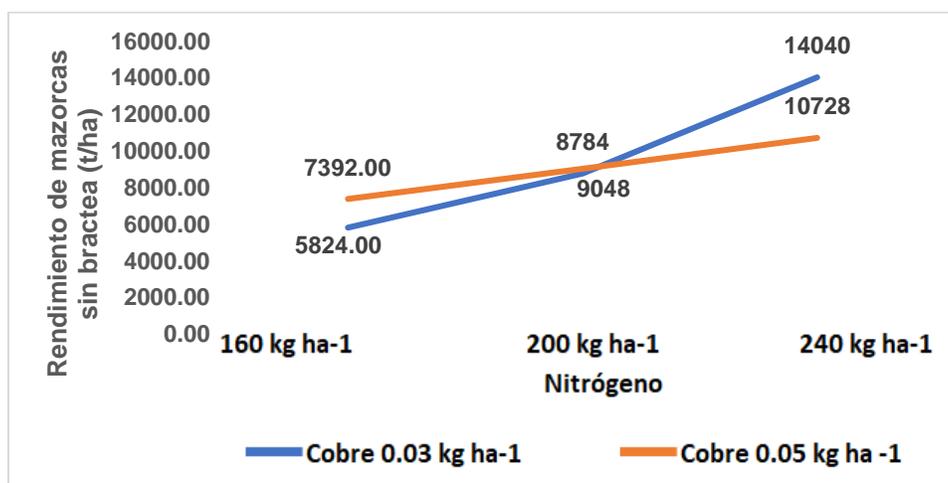
La prueba de Tukey evidencia diferencias significativas en el rendimiento de mazorcas sin bráctea entre el testigo y los tratamientos fertilizados. El testigo, que no recibió fertilización, presentó el menor rendimiento con 3248 kg ha<sup>-1</sup>, ubicándose en un grupo claramente diferenciado del resto. En contraste, el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento que involucró 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, alcanzando 14040 kg ha<sup>-1</sup>, lo que demuestra que esta combinación es la más efectiva para incrementar la producción de mazorcas sin bráctea.

Los tratamientos con dosis medias de nitrógeno, como 200 kg ha<sup>-1</sup>, lograron rendimientos inferiores al tratamiento más efectivo, pero significativamente mayores que el testigo, con valores que variaron entre 9048 kg ha<sup>-1</sup> y 8784 kg ha<sup>-1</sup>, dependiendo de la dosis de cobre utilizada. Por su parte, los tratamientos con las menores dosis de nitrógeno, 160 kg ha<sup>-1</sup>, presentaron los rendimientos más bajos entre los tratamientos fertilizados, pero aun así fueron superiores al rendimiento del testigo, con valores de 7392 kg ha<sup>-1</sup> y 5824 kg ha<sup>-1</sup>.

Los resultados demuestran que la fertilización, independientemente de la combinación de nitrógeno y cobre aplicada, mejora significativamente el rendimiento de mazorcas sin bráctea en comparación con la ausencia de fertilización. Las mayores diferencias se observaron en las combinaciones con dosis altas de nitrógeno, lo que evidencia que este nutriente es clave para maximizar la productividad del cultivo, mientras que el cobre contribuye a potenciar el rendimiento en dosis adecuadas.

**Figura 5**

*Efecto de la interacción del nitrógeno y cobre en el peso de mazorcas (kg ha-1) sin brácteas.*



El rendimiento de mazorcas sin bráctea muestra una tendencia ascendente a medida que se incrementan las dosis de nitrógeno, independientemente de la cantidad de cobre aplicada. Este patrón indica que el nitrógeno tiene un impacto significativo en el aumento del rendimiento del cultivo de maíz, alcanzando los valores más altos cuando se utiliza la dosis máxima de 240 kg ha-1 de nitrógeno.

Cuando se analizan las diferentes dosis de cobre, se observa que el rendimiento es ligeramente mayor con la aplicación de 0.05 kg ha-1 de cobre en las dosis más bajas y medias de nitrógeno. A 160 kg ha-1 de nitrógeno, el rendimiento incrementa de 5824 kg ha-1 con 0.03 kg ha-1 de cobre a 7392 kg ha-1 con 5 kg ha-1 de cobre. Sin embargo, a medida que aumenta la dosis de nitrógeno a 240 kg ha-1, el rendimiento más alto se obtiene con 0.03 kg ha-1 de cobre, alcanzando 14.040 kg ha-1, lo que indica que una dosis más baja de cobre es suficiente para maximizar la producción cuando se utiliza una cantidad elevada de nitrógeno. Al respecto, Martines (2015)

reporta que, dosis de 160 kg de nitrógeno, 46 kg de fósforo y 30 kg de Potasio y la adición de A. brasilense incidieron en el peso de la mazorca las cuales presentaron una media de 610 g.

La interacción entre ambos factores muestra un efecto sinérgico en las dosis altas de nitrógeno. A medida que se incrementa la cantidad de nitrógeno, el cobre potencia el rendimiento, aunque en dosis más altas de cobre este efecto parece estabilizarse. A 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, el incremento en la dosis de cobre de 0.03 kg ha<sup>-1</sup> a 0.05 kg ha<sup>-1</sup> genera un aumento leve en el rendimiento, pasando de 8784 kg ha<sup>-1</sup> a 9048 kg ha<sup>-1</sup>, pero en dosis altas de nitrógeno, el rendimiento con 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre es superior al rendimiento con 0.05 kg ha<sup>-1</sup> de cobre. Por su parte, Macas Camacho (2022) reporta que, el peso de la mazorca está influenciado por la aplicación de nitrógeno.

Los resultados demuestran que el nitrógeno es el principal factor que impulsa el rendimiento de mazorcas sin bráctea, y su efecto se ve potenciado por la aplicación de cobre, especialmente en dosis adecuadas. El tratamiento más eficiente fue la combinación de 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, lo que demuestra que un manejo equilibrado de estos nutrientes maximiza el rendimiento del cultivo.

#### 4.1.4 Longitud de mazorca (cm)

**Tabla 12**

*Análisis de varianza para longitud de mazorcas (cm)*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	35054.57	2	17527.29	0.220	0.80568
Tratamientos	155630931	6	25938489	332.110	0.00000
Nitrógeno (N)	75186639	2	37593319	481.340	0.00000
Cobre (Cu)	171112.5	1	171112.5	2.191	0.16460
N*Cu	35158846	2	17579423	225.084	0.00000
Error	937217.43	12	78101.45		
Total	267119801	20			

**CV = 3.91 %**

El análisis de varianza para la longitud de mazorca sin bráctea muestra significancia tanto para los efectos principales de los factores nitrógeno y cobre, como para su interacción (N\*Cu), dado que en todos los casos los valores de significación son menores al 0.05. Esto indica que las distintas dosis de nitrógeno y cobre aplicadas de manera independiente generan diferencias significativas en la longitud de mazorca sin bráctea, lo que evidencia que ambos nutrientes influyen directamente en el crecimiento del cultivo. Además, el efecto significativo de la interacción entre ambos factores demuestra que la longitud de las mazorcas no puede explicarse únicamente por los efectos individuales del nitrógeno o del cobre, sino que existe un efecto combinado que potencia los resultados cuando ambos nutrientes son aplicados conjuntamente. Este efecto sinérgico refuerza la importancia de manejar adecuadamente la relación entre estos dos fertilizantes para maximizar la longitud de las mazorcas.

En relación con los bloques, no se encontraron diferencias significativas, ya que el valor de significancia obtenido fue de 0.55296, superior al 0.05. Esto indica que las condiciones experimentales fueron homogéneas entre los bloques y no influyeron de manera considerable en la longitud de las mazorcas.

Por otro lado, los tratamientos mostraron se obtuvo diferencias significativas, ya que el valor de significancia fue de 0.00000. Esto implica que al menos uno de los tratamientos evaluados presenta diferencias respecto al resto en términos de la longitud de mazorca sin bráctea, lo que refuerza la relevancia de evaluar las distintas combinaciones de nitrógeno y cobre para identificar aquellas que generan un mayor impacto en el desarrollo productivo del maíz amiláceo.

El coeficiente de variación obtenido es de 3.97 %, lo que se considera adecuado para el experimento realizado. Este valor refleja una baja variabilidad de los resultados de la longitud de mazorcas sin bráctea dentro de cada tratamiento evaluado, lo que indica una buena confiabilidad de los resultados obtenidos respecto para esta variable.

**Tabla 13**

*Prueba de Tukey para longitud de mazorcas*

<b>Tratamientos</b>	<b>Nitrógeno (kg ha-1)</b>	<b>Cobre (kg ha-1)</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b>Agrupación</b>
T5	240	0.03	30.17	A
T6	240	0.05	22.76	B
T4	200	0.05	22.19	BC
T3	200	0.03	22.18	BC
T2	160	0.05	20.28	CD
T1	160	0.03	18.13	DE
		Testigo	17.24	E

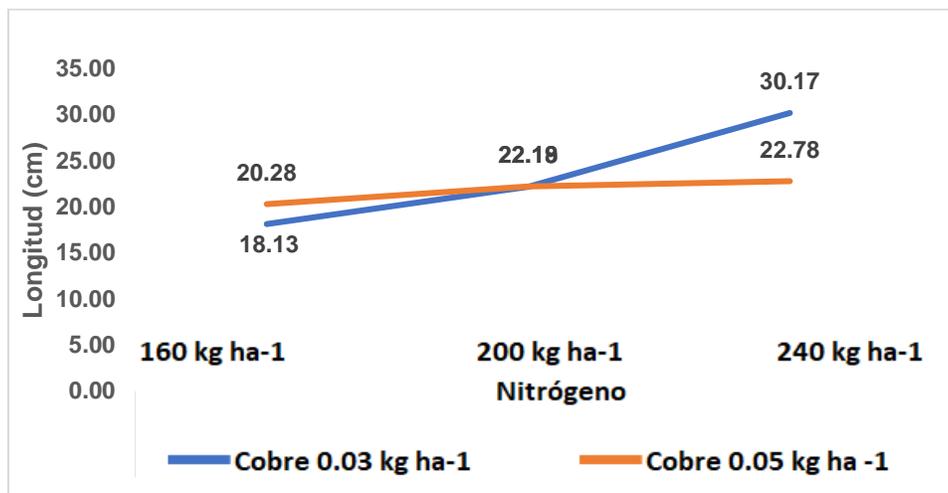
la menor longitud promedio, con 17.24 cm, ubicándose en un grupo claramente diferenciado del resto. En contraste, el mayor valor se obtuvo con el tratamiento que involucró 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, alcanzando una longitud de 30.17 cm, lo que demuestra que esta combinación es la más efectiva para incrementar la longitud de las mazorcas.

El tratamiento con dosis medias de nitrógeno (200 kg ha<sup>-1</sup>) lograron longitudes menores en comparación con el tratamiento más eficiente, pero significativamente superiores al testigo, con valores que oscilaron entre 22.19 cm y 22.18 cm, dependiendo de la dosis de cobre aplicada. Por su parte, los tratamientos con las menores dosis de nitrógeno (160 kg ha<sup>-1</sup>) presentaron las longitudes más bajas entre los tratamientos fertilizados, con valores de 20.28 cm y 18.13 cm, pero aun así fueron superiores al testigo.

Los resultados de la prueba de Tukey reflejan que la fertilización, independientemente de la combinación utilizada, mejora significativamente la longitud de mazorca sin bráctea en comparación con la ausencia de fertilización. Las mayores diferencias se observaron en los tratamientos con 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, lo que evidencia que este nutriente es clave para maximizar el crecimiento de las mazorcas, mientras que el cobre contribuye a potenciar los resultados en dosis adecuadas.

**Figura 6**

*Efecto de la interacción del nitrógeno y cobre para la longitud de mazorcas.*



La longitud de mazorcas sin bráctea muestra una tendencia ascendente a medida que se incrementan las dosis de nitrógeno, especialmente cuando se aplica 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre. El mayor valor promedio se obtuvo con la combinación de 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, alcanzando una longitud de 30.17 cm, lo que evidencia que la aplicación de dosis altas de nitrógeno tiene un efecto positivo significativo en el crecimiento de las mazorcas, al respecto, Lugo et al. (2023) reportan que, al utilizar dosis de 70 kg ha<sup>-1</sup> de N obtuvieron una longitud de mazorca de 22,33 cm, por su parte, Martínez (2014) reporta en su investigación evaluación de fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de maíz, no encontró diferencias significativas entre las fuentes, pero si observó diferencias significativas entre las dosis de nitrógeno evaluadas, siendo la mejor dosis 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, con una longitud de 18,3 cm

En los tratamientos que involucraron 0.05 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, se observó que la longitud de mazorca es relativamente similar en los niveles medios y altos de nitrógeno, con valores de 22.19 cm y 22.78 cm, respectivamente, lo que indica que, en dosis altas de cobre, el efecto adicional del

nitrógeno tiende a estabilizarse. Por otro lado, a 160 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, el rendimiento es superior cuando se aplica 0.05 kg ha<sup>-1</sup> de cobre (20.28 cm) en comparación con 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre (18.13 cm), lo que indica que una mayor dosis de cobre puede compensar parcialmente las dosis más bajas de nitrógeno, al respecto, según Lucas y Knezek (1972), el maíz responde medianamente a la aplicación de Cu. Por otro lado, Luchsinger et al. (1981) indican que, en parcelas tratadas con Cu no absorbieron tanto más de este elemento que el testigo.

La interacción entre ambos factores muestra un efecto sinérgico en los tratamientos con 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, donde se alcanzó la mayor longitud de mazorca. Sin embargo, a medida que la dosis de cobre aumenta a 0.05 kg ha<sup>-1</sup>, la longitud de mazorca no experimenta un incremento significativo en los niveles más altos de nitrógeno, lo que puede interpretarse como una posible saturación del efecto del cobre.

Los resultados muestran que el nitrógeno es el principal factor que impulsa el crecimiento de las mazorcas sin bráctea, con un efecto positivo más evidente a 240 kg ha<sup>-1</sup>. El cobre contribuye a mejorar la longitud de las mazorcas, pero su efecto es más pronunciado en dosis bajas y medias de nitrógeno, mientras que en dosis altas su influencia tiende a estabilizarse. Esto resalta la importancia de una fertilización equilibrada para maximizar la longitud de mazorcas sin bráctea, de acuerdo a Lourente et al. (2007) encontraron un efecto significativo para la dosis de nitrógeno en longitud de mazorca, con un promedio de 18,12 cm, a una dosis de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N.

#### 4.1.5 Diámetro de mazorca (cm)

**Tabla 14**

*Análisis de varianza para el diámetro de mazorcas sin brácteas (cm)*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	0.57	2	0.2845	2.770	0.1026
Tratamientos	11.75	6	1.9582	19.062	0.0000
Nitrógeno (N)	5.96	2	2.9784	29.001	0.0000
Cobre (Cu)	0.07	1	0.0672	0.654	0.4343
N*Cu	1.29	2	0.643	6.261	0.0137
Error	1.23	12	0.1027		
Total	13.55	20			

CV = 5.75 %

El análisis de varianza para el diámetro de mazorca sin bráctea muestra significancia tanto para el efecto principal del nitrógeno como para la interacción entre nitrógeno y cobre (N\*Cu), ya que los valores de significancia obtenidos son menores a 0.05. Esto indica que las distintas dosis de nitrógeno aplicadas de manera independiente generan diferencias significativas en el diámetro de las mazorcas, lo que evidencia que este nutriente influye directamente en el crecimiento del cultivo. Asimismo, la interacción significativa entre ambos factores indica que el efecto combinado del nitrógeno y cobre potencia los resultados, indicando que el diámetro de las mazorcas se ve influenciado por la asociación de ambos nutrientes.

Por otro lado, el cobre (Cu) analizado de manera independiente, no mostró significación, ya que el valor de significancia fue de 0.4343, superior al nivel de significancia de 0.05. Esto implica que el cobre, por sí solo, no genera un impacto considerable en el diámetro de las mazorcas.

En relación con los bloques, tampoco se encontraron diferencias significativas, ya que el valor de significancia obtenido fue de 0.1026, lo que indica que las condiciones experimentales fueron homogéneas y no influyeron en el diámetro de las mazorcas. Los tratamientos mostraron diferencias significativas, dado que el valor de significación (p-valor = 0.0000) fue menor al 0.05, esto indica que al menos uno de los tratamientos evaluados se diferencia del resto en términos de diámetro de mazorca sin bráctea. Esto refuerza la importancia de evaluar las distintas combinaciones de nitrógeno y cobre para identificar aquellas que generan un mayor impacto en el desarrollo del cultivo.

El coeficiente de variación obtenido es de 5.75 %, lo que se considera adecuado para el experimento realizado. Este valor refleja una baja variabilidad de los resultados del diámetro de mazorcas sin bráctea dentro de cada tratamiento evaluado, lo que indica una buena confiabilidad de los resultados obtenidos respecto para esta variable.

**Tabla 15**

*Prueba de Tukey para el diámetro de mazorcas sin brácteas (cm)*

<b>Tratamientos</b>	<b>Nitrógeno (kg ha-1)</b>	<b>Cobre (kg ha-1)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Agrupación</b>
T5	240	0.03	6.76	A
T6	240	0.05	6.24	AB
T4	200	0.05	5.74	B
T3	200	0.03	5.65	B
T2	160	0.05	5.49	BC
T1	160	0.03	4.70	CD
	Testigo		4.45	D

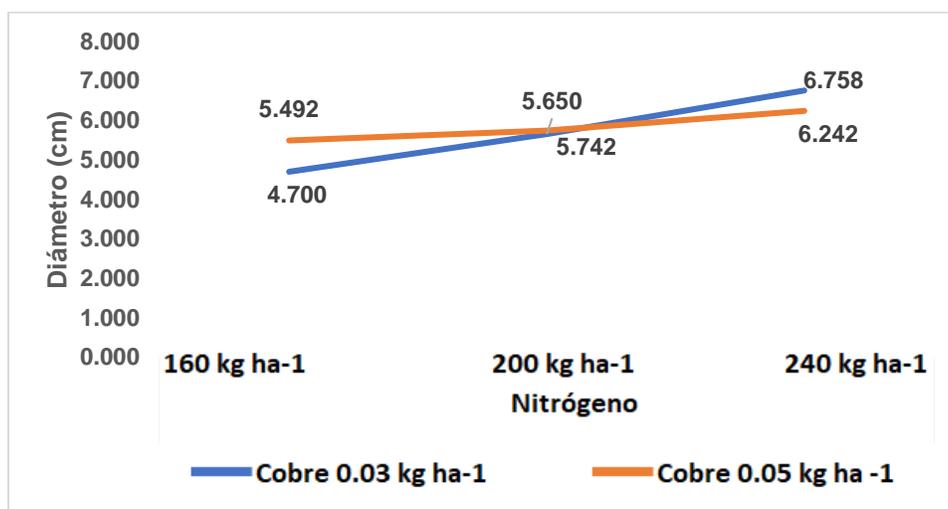
La prueba de Tukey evidencia diferencias significativas en el diámetro de mazorca sin bráctea entre el testigo y los tratamientos fertilizados. El testigo, que no recibió fertilización, presentó el menor diámetro promedio de 4.45 cm, ubicándose en un grupo claramente diferenciado del resto. En contraste, el mayor valor se obtuvo con el tratamiento que incluyó 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, alcanzando un diámetro de 6.76 cm, lo que demuestra que esta combinación es la más efectiva para incrementar el diámetro de las mazorcas.

Los tratamientos con dosis medias de nitrógeno, como 200 kg ha<sup>-1</sup>, lograron diámetros menores que el tratamiento más eficiente, pero significativamente superiores al testigo, con valores que oscilaron entre 5.74 cm y 5.65 cm, dependiendo de la dosis de cobre aplicada. Por su parte, los tratamientos con las menores dosis de nitrógeno 160 kg ha<sup>-1</sup>, presentaron los diámetros más bajos entre los tratamientos fertilizados, con 5.49 cm y 4.70 cm, pero aun así superaron de manera significativa al testigo.

Los resultados reflejan que la fertilización, independientemente de la combinación utilizada mejora significativamente el diámetro de mazorca sin bráctea en comparación con la ausencia de fertilización. Las mayores diferencias se observaron en los tratamientos con 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, lo que evidencia que este nutriente es clave para maximizar el crecimiento de las mazorcas, mientras que el cobre contribuye a potenciar los resultados en dosis adecuadas.

**Figura 7**

Efecto de la interacción del nitrógeno y cobre para el diámetro de mazorcas sin brácteas (cm).



El diámetro de mazorca sin bráctea muestra una tendencia ascendente a medida que se incrementan las dosis de nitrógeno, independientemente de la cantidad de cobre aplicada. El mayor valor promedio se alcanzó con la combinación de 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, obteniendo un diámetro de 6.758 cm, lo que evidencia que el nitrógeno tiene un impacto positivo en el crecimiento de las mazorcas, esto coincide con que reporta Antúnez et al. (2023) indicando que, dosis de 90-60 de N-P originó las mazorcas de mayor diámetro.

Cuando se analiza la influencia del cobre, se observa que las plantas fertilizadas con 0.05 kg ha<sup>-1</sup> de cobre presentan un diámetro mayor en las dosis más bajas de nitrógeno. Con 160 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, el rendimiento es de 5.492 cm con 0.05 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, mientras que con 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre es de 4.700 cm, lo que sugiere que una mayor cantidad de cobre puede compensar parcialmente las dosis bajas de nitrógeno. Sin embargo, a medida que se incrementa la dosis de nitrógeno a 240 kg ha<sup>-1</sup>, el mayor diámetro se obtiene con 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, lo que indica

que, en niveles elevados de nitrógeno, una dosis media de cobre es más eficiente para maximizar el crecimiento del diámetro de las mazorcas.

La interacción entre ambos factores muestra un efecto sinérgico en dosis altas de nitrógeno y dosis medias de cobre. En los niveles más altos de nitrógeno, el aumento en la dosis de cobre de 0.03 kg ha<sup>-1</sup> a 0.05 kg ha<sup>-1</sup> no genera un incremento significativo en el diámetro de mazorca, lo que indica una saturación del efecto del cobre en estas condiciones.

Los resultados reflejan que el nitrógeno es el principal factor que impulsa el crecimiento del diámetro de mazorca sin bráctea, mientras que el cobre tiene un impacto positivo en dosis específicas, especialmente en niveles bajos y medios de nitrógeno. La combinación más efectiva para maximizar el diámetro fue la de 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, lo que resalta la importancia de una fertilización equilibrada para optimizar esta característica del cultivo de maíz, al respecto Lugo et al. (2023) indican que, la aplicación de 70 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno en el estado fenológico V6 resultó en un diámetro de mazorca de 4,2 cm, superior a otros tratamientos. Además, se identificó que el aumento en la dosis de nitrógeno incrementó el diámetro de la mazorca, aunque en dosis excesivas, este efecto disminuyó, por su parte, Cunha et al., (26) no observaron diferencias significativas entre diferentes dosis para esta variable con media 4,9 cm.

#### 4.1.6 *Peso de granos por mazorca (gr)*

**Tabla 16**

*Análisis de varianza para el peso de granos por mazorcas*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>p-valor</b>
Bloque	1087.125	2	543.563	2.10	0.16517
Tratamientos	192832.810	6	32138.802	124.17	0.00000
Nitrógeno (N)	69083.549	2	34541.774	133.46	0.00000
Cobre (Cu)	12947.087	1	12947.087	50.02	0.00001
N*Cu	18204.174	2	9102.087	35.17	0.00001
Error	3105.833	12	258.819		
Total	197025.768	20			

CV = 7.26 %

El análisis de varianza para el peso de granos por mazorca muestra significación tanto para los efectos principales de los factores nitrógeno y cobre, como para su interacción (N\*Cu), ya que en todos los casos los valores de significancia son menores a 0.05. Esto evidencia que las distintas dosis de nitrógeno y cobre aplicadas de manera independiente generan diferencias significativas en el peso de los granos por mazorca, lo que demuestra que ambos nutrientes influyen de manera directa en el peso de granos. Asimismo, la interacción significativa entre ambos factores indica que el peso de los granos no puede explicarse únicamente por los efectos individuales del nitrógeno o del cobre, sino que existe un efecto combinado que potencia los resultados cuando ambos nutrientes son aplicados conjuntamente. Este efecto sinérgico resalta la importancia de manejar adecuadamente la relación entre estos dos fertilizantes para maximizar el peso de los granos.

En cuanto a los bloques, no se encontraron diferencias significativas, ya que el valor de significancia obtenido fue de 0.16517, superior al 0.05. Esto indica que las condiciones experimentales fueron homogéneas entre los bloques y no influyeron de manera en el peso de los granos por mazorca.

Por otro lado, para los tratamientos se mostró significación (p-valor = 0.0000), lo que implica que al menos uno de los tratamientos evaluados difiere del resto en términos del peso de los granos por mazorca. Este resultado resalta la relevancia de evaluar las distintas combinaciones de nitrógeno y cobre para identificar aquellas que generan un mayor impacto en la productividad del cultivo de maíz amiláceo.

El coeficiente de variación obtenido es de 7.26 %, lo que se considera adecuado para el experimento realizado. Este valor refleja una baja variabilidad de los resultados del peso de granos por mazorca dentro de cada tratamiento evaluado, lo que indica una buena confiabilidad de los resultados obtenidos respecto para esta variable.

**Tabla 17**

*Prueba de Tukey para el peso de granos por mazorca*

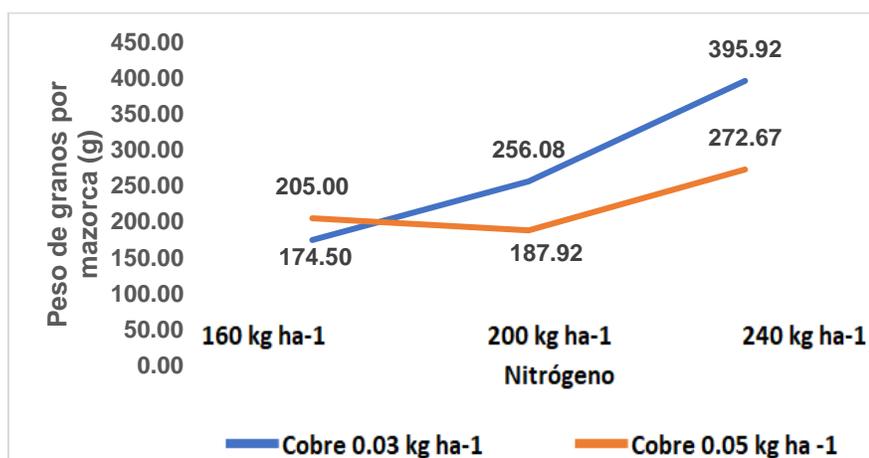
Tratamientos	Nitrógeno (kg ha-1)	Cobre (kg ha-1)	Peso de granos por mazorca (g)	Agrupación
T5	240	0.03	395.92	A
T6	240	0.05	272.67	B
64	200	0.03	256.08	B
T3	160	0.05	205.00	C
T2	200	0.05	187.92	C
T1	160	0.03	174.50	C
	Testigo		58.92	D

La prueba de Tukey evidencia diferencias significativas en el peso de granos por mazorca entre el testigo y los tratamientos fertilizados. El testigo, que no recibió fertilización, presentó el menor peso promedio de granos con 58.92 g, ubicándose en un grupo claramente diferenciado del resto. En contraste, el mayor peso se obtuvo con el tratamiento que combinó 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, alcanzando 395.92 g, lo que demuestra que esta combinación es la más efectiva para incrementar el peso de los granos por mazorca.

Los tratamientos que involucraron dosis altas de nitrógeno, como 240 kg ha<sup>-1</sup> y 200 kg ha<sup>-1</sup>, lograron pesos de granos significativamente superiores al testigo, con valores que oscilaron entre 272.67 g y 256.08 g, dependiendo de la dosis de cobre aplicada. En cambio, los tratamientos con las menores dosis de nitrógeno, como 160 kg ha<sup>-1</sup>, presentaron los pesos más bajos entre los tratamientos fertilizados, con valores entre 205.00 g y 174.50 g, aunque aún fueron considerablemente superiores al peso obtenido por el testigo.

### Figura 8

*Efecto de la interacción del nitrógeno y cobre para el peso de granos por mazorcas.*



El peso de granos por mazorca muestra una tendencia ascendente a medida que se incrementan las dosis de nitrógeno, particularmente cuando se aplican 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre. El mayor valor promedio se obtuvo con la combinación de 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, alcanzando 395.92 g, lo que evidencia que el nitrógeno tiene un efecto positivo en el aumento del peso de los granos, esto no coincide con lo indica Villaseca (2001) donde reporta que, a dosis de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N obtuvo un peso de grano de 53 gramos por mazorca, mientras que a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N obtuvo un peso de 40 gramos, por su parte Lugo et al. (2001) indica que, los mejores resultados se obtuvo con dosis de 35 kg ha<sup>-1</sup> de N con 3.344 kg ha<sup>-1</sup> de maíz,

Cuando se analiza la influencia del cobre, se observa que los tratamientos con 0.05 kg ha<sup>-1</sup> de cobre presentaron un mayor peso de granos en las dosis más bajas de nitrógeno. A 160 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, el peso promedio fue de 205.00 g con 0.05 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, mientras que con 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre fue de 174.50 g, lo que indica que una dosis más alta de cobre puede compensar parcialmente la menor cantidad de nitrógeno. Sin embargo, a medida que aumenta la dosis de nitrógeno a 240 kg ha<sup>-1</sup>, el mayor peso de granos se alcanza con 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, lo que indica que, en niveles elevados de nitrógeno, una dosis media de cobre es más efectiva para maximizar esta variable.

La interacción entre ambos factores muestra un efecto sinérgico, ya que el peso de granos aumenta significativamente cuando se combinan dosis altas de nitrógeno y cobre. No obstante, en los niveles medios de nitrógeno, la interacción muestra un comportamiento variable, ya que el incremento en la dosis de cobre de 0.03 kg ha<sup>-1</sup> a 0.05 kg ha<sup>-1</sup> genera una disminución en el peso de granos.

Los resultados demuestran que el nitrógeno es el principal factor que impulsa el peso de los granos por mazorca, mientras que el cobre tiene un impacto positivo en dosis específicas. La combinación más eficiente fue la de 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, lo que destaca la importancia de un manejo equilibrado de ambos nutrientes para maximizar la productividad del cultivo de maíz, al respecto Barrios y Basso (2018) indican que, los mayores porcentajes de proteínas se obtuvieron a las dosis más altas de N (150 y 200 kg·ha<sup>-1</sup>).

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

El efecto sinérgico del nitrógeno y cobre en el rendimiento del cultivo del maíz del T6 (240 kg ha<sup>-1</sup> N y 0.05 kg ha<sup>-1</sup> de Cu) las plantas alcanzaron la mayor altura, en promedio 4.06 m; por su parte, en el testigo las plantas alcanzaron la menor altura de 2.62 m.

El tratamiento T6, producto del efecto sinérgico de Nitrógeno y Cobre, alcanzó el mayor peso de mazorcas con brácteas con 17424.00 kg ha<sup>-1</sup>, siendo estadísticamente significativo al T5 que alcanzó un peso de 16584.00 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por los tratamientos T3 con un peso de 15208.00 kg ha<sup>-1</sup>, T2 con un peso de 14776.00 kg ha<sup>-1</sup>, T4 con un peso de 9000.00 kg ha<sup>-1</sup>, T1 con un peso de 8688.00 kg ha<sup>-1</sup>. Y por su parte, el testigo obtuvo un peso de 6576.00 kg ha<sup>-1</sup>.

El efecto sinérgico de Nitrógeno y Cobre en el T5 con 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre reportó el mayor peso de mazorcas sin brácteas con un peso de 14040.00 kg ha<sup>-1</sup>. En tanto que, el testigo presentó el menor peso con un peso de 3248.00 kg ha<sup>-1</sup>.

La mayor longitud de mazorca se obtuvo con el efecto sinérgico del tratamiento de 240 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de Cobre con una medida de 30.2 cm. Mientras que el diámetro alcanzó una medida de 6.8 cm 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre, respectivamente. Los testigos arrojaron los menores resultados con medidas de 17.2 cm de longitud y 4.5 cm de diámetro.

El peso de granos por mazorca se obtuvo con el tratamiento de 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 0.03 kg ha<sup>-1</sup> de cobre con un peso de 395.92 gr, correspondiente al efecto sinérgico del T5. Mientras que el testigo alcanzó un peso de 58.92 gr.

## 5.2 Recomendaciones

A los agricultores locales del Centro Poblado Cholocal y zonas similares se recomienda aplicar el tratamiento T5 ( $240 \text{ kg N ha}^{-1}$  y  $0.03 \text{ kg Cu ha}^{-1}$ ), ya que ha demostrado ser el más eficiente para mejorar el rendimiento del maíz amiláceo. Esta práctica contribuirá directamente a incrementar la producción y mejorar los ingresos familiares.

A los técnicos agrarios se sugiere incluir en sus planes de asesoría técnica el manejo sinérgico de N y Cu en el cultivo de maíz, ajustando las dosis según los resultados de análisis de suelos, para optimizar la nutrición del cultivo y evitar desequilibrios nutricionales. Asimismo, las instituciones públicas como el INIA, AGRORURAL, gobiernos locales y regionales se recomienda impulsar programas de capacitación y validación tecnológica que promuevan el uso eficiente de fertilizantes combinados, especialmente en comunidades campesinas donde predomina el cultivo de variedades locales de maíz amiláceo.

A los centros de investigación agraria y universidades se plantea replicar y ampliar este tipo de estudios en otras regiones con características edafoclimáticas similares, para generar un paquete tecnológico validado y adaptado, que contribuya a mejorar la seguridad alimentaria regional

A todos los actores involucrados en la cadena de valor del maíz amiláceo es importante evitar la sobre aplicación de nitrógeno sin un manejo adecuado del cobre, ya que puede generar antagonismos y limitar la absorción de este micronutriente, afectando negativamente el desarrollo del cultivo.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M. B. (2021). *Función de nitrógeno en las plantas y su importancia*. Ecología verde.
- Luchsinger, Trujillo, Larraín (1981). INFLUENCIA DE LOS MICROELEMENTOS CINC, COBRE, FIERRO, MANGANESO Y DEL ELEMENTO SECUNDARIO AZUFRE EN EL CULTIVO DEL MAIZ (*Zea mays* L. )
- Aguilar (2017). FISIOLÓGÍA DEL MAÍZ Y ABONADO NITROGENADO. INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE PLANTAS EN EL CONTENIDO PROTEICO DEL GRANO.
- Alvarez et al. (2017). Fuentes y dosis de nitrógeno en la productividad del maíz amarillo duro bajo dos sistemas de siembra. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú
- Antúnez et al. (2023). Rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) en respuesta a la fertilización con nitrógeno, fósforo y silicio al suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. Terra Latinoamericana. vol. 41, e1682, 2023
- Barreiro, S. y Velásquez, J. (2021). *Eficacia de tecnologías de nutrición sobre el rendimiento del maíz blanco para consumo en fresco, en Rocafuerte-Manabí*. [Tesis de titulación, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/8242>
- Castro, E. (2018). *Fertilización química con micronutrientes en el híbrido de maíz, INIAP H-603 en Lodana, Cantón Santa Ana, Provincia de Manabí*. [Tesis de Grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/1962/1/ULEAM-AGRO-0046.pdf>
- Cervantes, H. (2020). *Fertilización en el rendimiento del maíz amiláceo (*Zea mays* L.) variedad b lanco Urubamba en condiciones edafoclimáticas de Shurapampa – Aparicio Pomares*

- Yarowilca 2018*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/6724/TAG00887C48.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chipana, J., Gamarra, A., Huamán, J y Samohuallpa, Y. (2016). *Aspectos que Limitan la Producción del Maíz Blanco Gigante Cusco*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/8242>
- Chura y Mendoza (2019). Dosis y fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra del maíz amarillo duro. Artículo. *cientia Agropecuaria* vol.10 no.2 Trujillo abr./jun. 2019
- Condori (2019). Efecto del nitrógeno en el crecimiento y rendimiento en forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y sorgo (*Sorghum vulgare* L.)”
- Cuadra Romano (1988) en “efecto de diferentes niveles de nitrógeno, espaciamiento y poblaciones sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de maíz (*Zea mays* L.)
- Cunha F, Furtado N, De Campos F, De Carvalho J, De Freitas M, Batista M, Correa A, Souchie E. (2014) Efeito da *Azospirillum brasilense* na produtividade de milho no sudoeste goiano. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. 261-272 <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n3p261-272>
- Garbanzo, G., Alvarado, A., Vargas, J., Cabalceta, G & Vega, E. (2021). Fertilización con nitrógeno y potasio en maíz en un Alfisol de Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1),137-148. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v32n1/2215-3608-am-32-01-00137.pdf>

Gavilánez (2022). Efecto de la aplicación de tres dosis de sulfato de cobre pentahidratado, como fertilizante foliar en el cultivo de maíz duro (*Zea mays L.*), cantón babahoyo, provincia los ríos.

INTAGRI (2016). Sinergismos y Antagonismos entre Nutrientes. *Artículos Técnicos de INTAGRI*. (78).9.

<file:///C:/Users/EQUIPO/Downloads/78.%20Sinergismo%20y%20Antagonismo%20entre%20Nutrientes.pdf>

INTAGRI (2016) Altas Dosis de Nitrógeno Incrementan la Absorción de Micronutrientes

Extraído de [https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/dosis-de-nitrogeno-incrementa-la-absorcio-de-micronutrintes?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/dosis-de-nitrogeno-incrementa-la-absorcio-de-micronutrintes?utm_source=chatgpt.com)

INTAGRI (2016). *El cobre en la nutrición Vegetal*. Serie Nutricional Vegetal. Núm. 135.

LUCAS, R. E. y KNEZEK, B. D. 1972. Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants. In: Micronutrientes en Agricultura. J. J. Mortved, editor. Soil Science Society of America. Wisconsin. 265-288.

Lugo Pereira, W. D., López Ávalos, D. F., Florencio González, L. R., Morel López, E., Sánchez Jara, R., & Mongelos Barrios, C. A. (2023). Aplicación de nitrógeno en el cultivo de maíz endiferentes estadios fenológicos. *Revista Alfa*, 7(19), 240–254. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.213>

Lourente et al (2007). Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá; (29)1: 55-61. <https://www.redalyc.org/pdf/3030/303026572008.pdf>

Martinez Reyes, L. (2015). Evaluación de biofertilizantes en la producción del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en Villaflores, Chiapas [Tesis para obtener el grado de maestro,

- Universidad Autónoma de Chiapas]. Repositorio Institucional.  
<http://www.repositorio.unach.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/3008/1/RIBC144803.pdf>
- Mendoza, M. y Lozano, P. (2024). *Condiciones climáticas del cultivo de maíz (Zea mayz L.) en el cantón Mocache, Provincia de Los Ríos. Quevedo.*  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/items/6cca45e7-ee29-4639-9ef4-6d1b44459d0a>
- Meneses, J. (2016). Control químico y comportamiento de híbridos de maíz (Zea mays L.) a la enfermedad denominada mancha de. [tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/10790ec2-a732-4a6e-ba90-c7c7b1d2e7eb/content>
- Mieles, J. (2020). *Influencia de dos arreglos topológicos y tres niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de la variedad de maíz blanco “Nutrichoclo” INIAP 543-QPM*, [Proyecto de tesis para optar el título de ingeniero agropecuario, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí].  
<https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/3346/3/ULEAM-AGRO-0100.pdf>
- Ministerio de desarrollo Agrario y Riego. (2020). *MINAGRI desarrolla nuevo maíz amiláceo CUMBEMAINO con capacidad de incrementar producción por hectárea.*  
<https://www.inia.gob.pe/2020-nota-081/>
- Orneta, M. (2018). *Sistemas de siembra en el rendimiento de maíz (Zea Mays L) Amiláceo INIA 618 blanco Quispicanchis, en condiciones edafoclimáticas del distrito de Panao, Provincia Pachitea, región Huánuco.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan – Huánuco]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/4380>

- Ortigoza, J., López, C y Gonzales, J. (2019). *Guía técnica del cultivo de maíz*.  
[https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt\\_04.pdf](https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf)
- Regalado, L. (2019). *Efecto de la aplicación combinada de materia orgánica y fertilizantes minerales en la recuperación de suelos degradados e incremento del rendimiento de maíz choclo en Shupluy, Yungay*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].  
<https://repositorio.unasam.edu.pe/browse?value=Regalado+Delgado%2C+Lisset+Magaly&type=author>
- Sosa, B. y García, Y. (2018). Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz fertilizado de forma orgánica y mineral. *Agronomía Mesoamericana*. 29(1).  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43754020017>
- UAVDibulga (2011). La toxicidad por cobre en el maíz - UABDivulga Barcelona Investigación e Innovación
- Vásquez, A. (2019). *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*, [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].  
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/5019>
- Vásquez, A. (2019). 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. [Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].  
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/5019>

Villaseca Oróstica (2001). Efecto de la densidad y el nitrógeno sobre la productividad de dos cultivares de maíz en El Zamorano, Honduras.

Villegas, O., Domínguez, M., Martínez, P. y Aguilar, M. (2015). Cobre y Níquel, microelementos esenciales en la nutrición vegetal. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 2(2), 285-295. [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias\\_Naturales\\_y\\_Agropecuarias/vol2num2/Ciencias%20Naturales%20y%20Agropecuarias%20Vol%202%20Num%202%20Final\\_22.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol2num2/Ciencias%20Naturales%20y%20Agropecuarias%20Vol%202%20Num%202%20Final_22.pdf)

Woldesenbet, M. and Haileyesus, A. 2016. Effect of nitrogen fertilizar on growth, yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in decha district, southwestern Etiopia. *International Journal of Research-granthaakayah*, 4 (2): 95-100

# ANEXOS

## Anexo 1

### Resultados de análisis

Análisis Laboratorio de Investigación Agraria

CON REGISTRO N° LE - 200

091030-24

### INFORME DE ENSAYO N° 091030-24 / SU / LABSAF - BAÑOS DEL INCA

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

**Cliente** : FERNANDEZ TORRES JOSELITO  
**Propietario / Productor** : DAVID ALFARO  
**Dirección del cliente** : JRL AURELIO PASTOR A-33 - CAJAMARCA  
**Solicitado por** : CUENTE  
**Muestreado por** : CUENTE  
**Número de muestra(s)** : 1  
**Producto declarado** : Suelo  
**Presentación de las muestra(s)** : BOLSA DE PLÁSTICO  
**Referencia del muestreo** : RESERVADO POR EL CUENTE  
**Procedencia de muestra(s)** : CACHACHI - CAJABAMBA - CAJAMARCA  
**Fecha(s) de muestreo** : 2024-08-16 (\*\*)  
**Fecha de recepción de muestra(s)** : 2024-08-21 (\*\*)  
**Lugar de ensayo** : LABSAF BAÑOS DEL INCA  
**Fecha(s) de análisis** : Del 2024-09-22 al 2024-09-17  
**Colización del servicio** : 351-24-B  
**Fecha de emisión** : 2024-09-19

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
<b>Código de Laboratorio</b>	SL0015-BI-24	--	--	--	--	--
<b>Matriz Analizada</b>	Suelo	--	--	--	--	--
<b>Fecha de Muestreo</b>	2024-08-16	--	--	--	--	--
<b>Hora de Inicio de Muestra (h) (**)</b>	17:00	--	--	--	--	--
<b>Condición de la muestra</b>	Conservada	--	--	--	--	--
<b>Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (**)</b>	PARCELA 1	--	--	--	--	--
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>			
pH	unid. pH	0.1	7.0	--	--	--
Acidez Intercambiable	cmol (+) /Kg	0.5	--	--	--	--
Aluminio Intercambiable	cmol (+) /Kg	0.5	--	--	--	--
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0.5	14.3	--	--	--
Materia Organica	%	0.1	3.3	--	--	--
Fósforo Disponible	mg/kg	0.5	0.0	--	--	--
Conductividad Eléctrica	mS/m	1.0	20.0	--	--	--
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0.1	1.0	--	--	--
Potasio disponible (**)	mg/kg	0.5	56.7	--	--	--



Firmado digitalmente por:  
 CARRERA HORTO Hoster  
 Anexo: FIAJ 20131200004 sat  
 Motivo: Soy el autor del documento  
 Fecha: 18/09/2024 10:48:40-0800



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follajes  
 Acreditado con la Norma  
 NTP-ISO/IEC 17025:2017  
 LABSAF (Nombre)

Dirección: (Dirección del laboratorio)  
 Email: (correo de contacto del laboratorio)

F.01 / Vers.01  
[www.mta.gob.pe](http://www.mta.gob.pe)



INIA Nacional de Innovación Agraria



## RECOMENDACIONES

Código de Muestra	Cultivo a Instalar	Cantidades de Nutriente Kg/Ha			Cantidades en Tn/Ha	
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	ESTIERCOL
SU2015-BI-24	MAIZ	110	65	60	--	2,70

### PLAN DE FERTILIZACION QUIMICA

#### Primera Fertilización Kg/Ha - Siembra

Urea	
Fosfato Diamonico	
Sulfato de Potasio	

#### Segunda Fertilización Kg/Ha - Aporque

Urea	
------	--

#### Programa de Fertilización

	Siembra	Aporque
N		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
K <sub>2</sub> O		

#### Fuente

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Azufre
Urea				

### PLAN DE ABONO ORGANICO

#### Abonamiento Kg/Ha - Siembra

Incorporar Materia Organica Procesada

### COMENTARIOS:

---



---



---



Firmado digitalmente por:  
 CABRERA HOYOS Hektor  
 Antonio FAU 20131385904 soft  
 Motivo: Soy el autor del  
 documento  
 Fecha: 18/08/2024 10:41:18-0500

### Anexo 3

#### Datos de bloques y tratamientos

BLOQUES	TRATAMIENTOS	PARÁMETROS EVALUADOS						
		Altura de planta (m)	Número de mazorcas por planta	Peso de mazorcas con brácteas (g)	Peso de mazorcas sin brácteas (g)	Longitud de mazorcas sin brácteas (cm)	Diámetro de mazorcas sin brácteas (cm)	Peso de granos por mazorca (g)
1	T1	2.99	1	363.5	244.2	18.3	4.6	157.5
2	T1	3.03	1	361.3	243.5	17.7	4.9	145
3	T1	3.08	1	362.9	241.9	18.5	4.6	221
	PROMEDIO	<b>3.03</b>	<b>1</b>	<b>363</b>	<b>243.2</b>	<b>18.1</b>	<b>4.7</b>	<b>174.5</b>
1	T2	3.55	1	376	310.1	20.7	5.8	183.5
2	T2	3.55	1	361.3	243.5	17.7	4.9	145
3	T2	3.57	1	375.8	307.9	19.5	5.0	218
	PROMEDIO	<b>3.56</b>	<b>1</b>	<b>371</b>	<b>287.1</b>	<b>19.3</b>	<b>5.2</b>	<b>182.2</b>
1	T3	3.77	1	616.8	366.9	22.2	5.4	257.5
2	T3	3.79	1	614.6	367.4	22.4	6.0	256.8
3	T3	3.78	1	617.3	365.7	22.0	5.7	254
	PROMEDIO	<b>3.78</b>	<b>1</b>	<b>616.2</b>	<b>366.675</b>	<b>22.2</b>	<b>5.7</b>	<b>256.1</b>
1	T4	3.52	1	634.5	378.1	21.2	5.5	187
2	T4	3.55	1	632.1	376.5	22.5	6.0	186.5
3	T4	3.6	1	635.4	377.1	22.9	5.8	190.3
	PROMEDIO	<b>3.56</b>	<b>1</b>	<b>634.0</b>	<b>377.2</b>	<b>22.2</b>	<b>5.7</b>	<b>187.9</b>
1	T5	3.92	1	725.3	584.5	30.2	6.5	394.5
2	T5	3.84	1	727.3	585.9	31.3	6.8	392.8
3	T5	3.9	1	726.1	586.2	29.0	7.0	400.5
	PROMEDIO	<b>3.89</b>	<b>1</b>	<b>726.2</b>	<b>585.5</b>	<b>30.2</b>	<b>6.8</b>	<b>395.9</b>
1	T6	4.04	1	691.0	447.7	21.1	5.6	272.8
2	T6	4.02	1	692.1	448.3	23.3	6.3	272.3
3	T6	4.13	1	690.0	446.0	23.9	6.9	273.0
	PROMEDIO	<b>4.06</b>	<b>1</b>	<b>691.0</b>	<b>447.3</b>	<b>22.8</b>	<b>6.2</b>	<b>272.7</b>
1	T0	2.65	1	274	135.4	17.4	4.3	50.0
2	T0	2.66	1	273.0	134.7	16.9	4.6	63.0
3	T0	2.54	1	275.3	137.8	17.5	4.5	63.8
	PROMEDIO	<b>2.62</b>	<b>1</b>	<b>274.1</b>	<b>136.0</b>	<b>17.2</b>	<b>4.5</b>	<b>58.9</b>

## Anexo 4

*Catálogo fotográfico del proyecto realizado en centro poblado el Cholocal, distrito de Cachachi, Provincia Cajabamba.*

### Figura 2

*Preparación de terreno y surcado*



### Figura 3

*Pesado de fertilizantes y delimitación de parcelas*



**Figura 4**

*Siembra y riego del maíz*



**Figura 5**

Medición de altura de planta e identificación de plagas



**Figura 6**

*Segunda fertilización y deshierbo*



**Figura 7**

*Campos experimentales deshierbado y riegos*



**Figura 8**

*Segundo control de cogollero después de una semanas de deshierbo del maíz*



**Figura 9**

*Maíz iniciando floración*



**Figura 10**

*Realizando medida de altura de planta y cosecha de mazorcas*



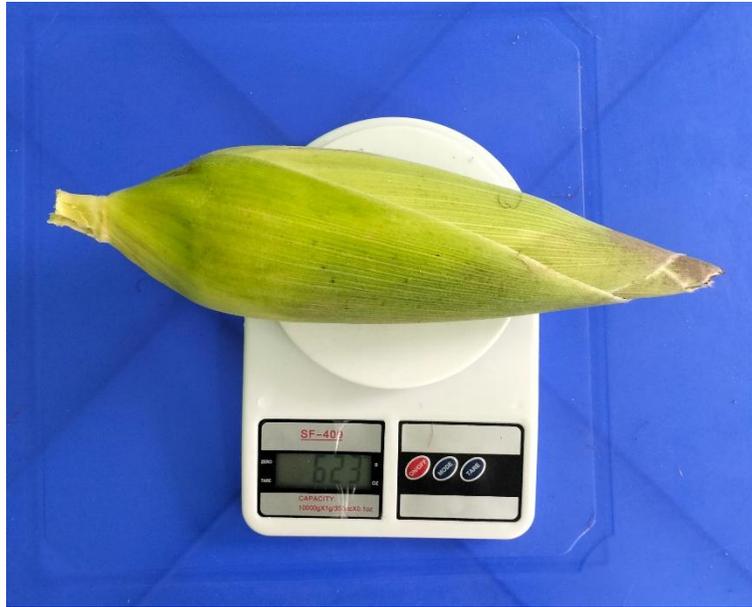
**Figura 11**

*Mazorcas según los tratamientos de cada bloque.*



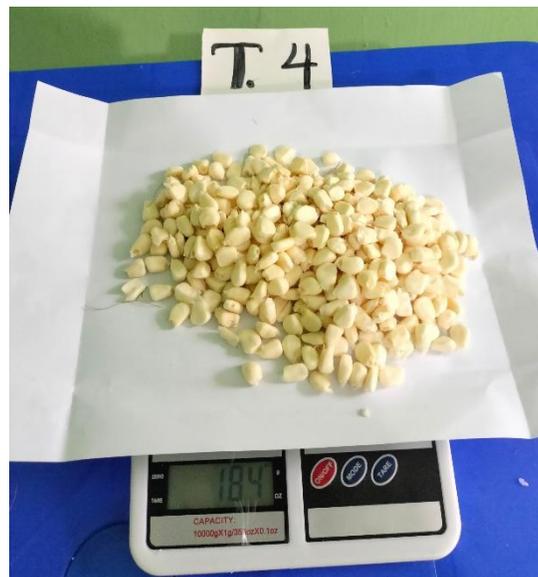
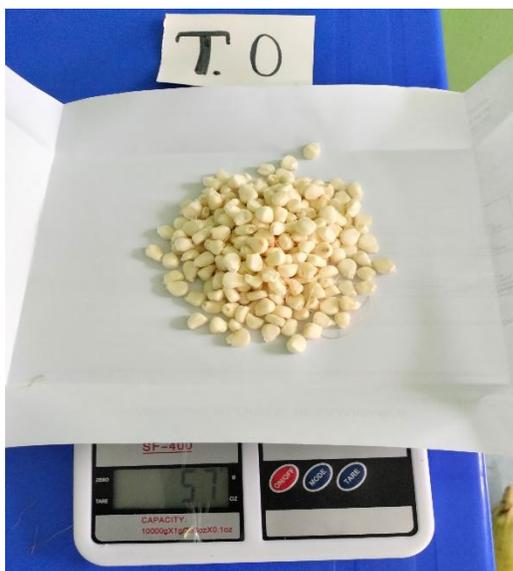
**Figura 12**

*Pesado de mazorcas con brácteas.*



**Figura 13**

*Pesado de granos de acuerdo a los tratamientos*



**Figura 14**

*Medida de longitud y diámetro de mazorcas*

