



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EFFECTO DE DENSIDADES DE SIEMBRA Y LA  
FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN MAÍZ (*Zea mays*),  
YAGUACHI - GUAYAS**

**AUTOR  
ESPINOZA CORTES LEIVER JACINTO**

**TUTOR  
ING. MARTÍNEZ ALCÍVAR FERNANDO ROBERTO, M.Sc**

**MILAGRO, ECUADOR  
2025**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: EFECTO DE DENSIDADES DE SIEMBRA Y LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN MAÍZ (*Zea mays*), YAGUACHI - GUAYAS, realizado por el estudiante ESPINOZA CORTES LEIVER JACINTO; con cédula de identidad N°0928364272 de la carrera INGENIERÍA AGRONÓMICA, Ciudad Universitaria Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

---

Ing. Martinez Alcivar Fernando Roberto, M.Sc  
Tutor

Milagro, 29 de enero del 2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “EFECTO DE DENSIDADES DE SIEMBRA Y LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN MAÍZ (*Zea mays*), YAGUACHI - GUAYAS”, realizado por el estudiante ESPINOZA CORTES LEIVER JACINTO, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

---

ING. COLÓN CRUZ ROMERO, M.Sc  
**PRESIDENTE**

---

ING. EDUARDO JAMA AVEIGA, M.Sc  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

ING. FLORES CADENA CRISTIAN, M.Sc.  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

Milagro, 29 de enero del 2026

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por darme la vida, la sabiduría y la fortaleza necesaria para culminar esta etapa tan importante.

A mis padres, por su amor incondicional, sus sacrificios y su apoyo constante en cada momento de mi formación académica y personal. Ellos han sido mi mayor inspiración y el pilar fundamental en el logro de esta meta.

A mi familia, por creer en mí, motivarme a no rendirme y acompañarme en cada desafío. Este logro también es de ustedes.

## **Agradecimiento**

Expreso mi más profundo agradecimiento a Dios por guiar mis pasos y brindarme perseverancia durante todo este proceso.

A mi tutor de tesis Ing. Martínez Alcivar Fernando, M.Sc, por su orientación, paciencia y valiosas enseñanzas, que fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo investigativo.

A las autoridades y docentes de la universidad, por compartir sus conocimientos y contribuir a mi formación profesional.

A todas las personas que, de una u otra manera, aportaron con su apoyo y motivación para hacer posible la realización de esta tesis.

### **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo ESPINOZA CORTES LEIVER JACINTO, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre “EFECTO DE DENSIDADES DE SIEMBRA Y LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN MAÍZ (*Zea mays*), YAGUACHI - GUAYAS” para optar el título de INGENIERO AGRÓNOMO, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 29 de enero del 2026

---

**ESPINOZA CORTES LEIVER JACINTO**  
**C.I # 0928364272**

## RESUMEN

El presente ensayo se realizó en el cantón Yaguachi provincia de Guayas, Coordenadas: Longitud: -2.18931503 Latitud: -79.63915665. Este trabajo tuvo una duración de seis meses y se realizó desde el mes de febrero del 2025 hasta junio del 2025. Los beneficiados fueron todos los productores de maíz, en especial los del cantón Yaguachi. El objetivo general fue evaluar el efecto de las densidades de siembra bajo tres niveles de fertilización edáfica en el rendimiento del cultivo de maíz. Los objetivos específicos son: determinar el efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada en las etapas fenológicas del maíz y su influencia en el desarrollo de la planta, evaluar la influencia de las distancias de siembra en el rendimiento del maíz y determinar cuál de las interacciones afecta en el rendimiento y rentabilidad en el cultivo de maíz. El factor de estudio fue compuesto por la combinación de las densidades de siembra bajo tres niveles de nitrógeno de forma edáfica, bajo un diseño factorial  $3 \times 3 + 1$ . Las variables son: altura de planta, longitud de mazorca, diámetro de tallo, número de granos por mazorca, rendimiento kg/ha y análisis beneficio costo. Los resultados del estudio demostraron diferencias significativas tanto en las variables de crecimiento como en el rendimiento y evaluación económica del cultivo de maíz. El incremento de la fertilización nitrogenada favoreció consistentemente el desarrollo de la planta, obteniéndose los valores más altos en las etapas fenológicas y en la producción cuando se aplicó el nivel B3. Asimismo, la distancia de siembra correspondiente al nivel A1 mostró mayor eficiencia productiva respecto a las demás, reflejándose en rendimientos superiores.

**Palabras clave:** etapa fenológica, maíz, mazorca, nitrógeno, rentabilidad.

## ABSTRACT

This trial was conducted in the Yaguachi canton, Guayas province, at coordinates: Longitude: -2.18931503, Latitude: -79.63915665. The study lasted six months, from February to June 2025. The beneficiaries were all corn producers, especially those in the Yaguachi canton. The overall objective was to evaluate the effect of planting densities under three levels of soil fertilization on corn yield. The specific objectives were: to determine the effect of different nitrogen fertilization levels on the phenological stages of corn and their influence on plant development; to evaluate the influence of planting distances on corn yield; and to determine which interaction affects yield and profitability in corn cultivation. The study factor consisted of the combination of planting densities under three levels of soil nitrogen application, using a 3x3+1 factorial design. The variables studied were: plant height, ear length, stalk diameter, number of kernels per ear, yield (kg/ha), and cost-benefit analysis. The results of the study demonstrated significant differences in both growth variables and the yield and economic evaluation of the maize crop. Increased nitrogen fertilization consistently favored plant development, with the highest values obtained in the phenological stages and in production when level B3 was applied. Likewise, the planting distance corresponding to level A1 showed greater productive efficiency compared to the others, resulting in higher yields.

**Keywords:** phenological stage, maize, ear, nitrogen, profitability.

## ÍNDICE GENERAL

|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>                      | <b>12</b> |
| 1.1 Antecedentes del problema.....                | 12        |
| 1.2 Planteamiento y formulación del problema..... | 12        |
| 1.3 Justificación de la investigación .....       | 13        |
| 1.4 Delimitación de la investigación .....        | 14        |
| 1.5 Objetivo general .....                        | 14        |
| 1.6 Objetivos específicos .....                   | 14        |
| 1.7 Hipótesis o idea a defender.....              | 14        |
| <b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>                     | <b>15</b> |
| 2.1 Estado del arte .....                         | 15        |
| 2.2 Bases teóricas.....                           | 16        |
| 2.3 Marco legal.....                              | 19        |
| <b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>               | <b>21</b> |
| <b>4. RESULTADOS.....</b>                         | <b>28</b> |
| <b>5. DISCUSIÓN .....</b>                         | <b>34</b> |
| <b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>    | <b>35</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>                         | <b>36</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                               | <b>41</b> |
| <b>APÉNDICES .....</b>                            | <b>48</b> |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| ANEXO N°1: Figura 1. <i>Croquis de parcela</i> .....  | 41 |
| ANEXO N°2: Figura 2. <i>Croquis del estudio</i> ..... | 43 |
| ANEXO N°3: Figura 3. Preparación de terreno .....     | 44 |
| ANEXO N°4: Figura 4. Siembra de semillas .....        | 44 |
| ANEXO N°5: Figura 5. Delimitación de parcelas .....   | 45 |
| ANEXO N°6: Figura 6. Aplicación de tratamientos.....  | 45 |
| ANEXO N°7: Figura 7. Fertilización del cultivo .....  | 46 |
| ANEXO N°8: Figura 8. Toma de datos en campo .....     | 46 |
| ANEXO N°9: Figura 9. Visita del tutor en campo .....  | 47 |

## ÍNDICE DE APÉNDICE

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>APÉNDICE N°1:</b> Tabla 1. <i>Descripción de los tratamientos experimentales</i> ....   | 23 |
| <b>APÉNDICE N°2:</b> Tabla 2. Esquema del análisis de varianza .....                       | 24 |
| <b>APÉNDICE N°3:</b> Tabla 3. Presupuesto del estudio .....                                | 25 |
| <b>APÉNDICE N°4:</b> Tabla 4. <i>Descripción de las parcelas experimentales</i> .....      | 27 |
| <b>APÉNDICE N°5:</b> Tabla 5. Promedio de altura de plantas (cm).....                      | 28 |
| <b>APÉNDICE N°6:</b> Tabla 6. Promedio de diámetro de tallo (cm).....                      | 29 |
| <b>APÉNDICE N°7:</b> Tabla 7. Promedio de longitud de mazorcas (cm) .....                  | 30 |
| <b>APÉNDICE N°8:</b> Tabla 8. Promedio del número de mazorcas.....                         | 31 |
| <b>APÉNDICE N°9:</b> Tabla 9. Promedio del rendimiento (kg/ha).....                        | 32 |
| <b>APÉNDICE N°10:</b> Tabla 10. Análisis beneficio costo (ABC).....                        | 33 |
| <b>APÉNDICE N°11:</b> Tabla 11. Datos de campo de altura de planta 50 días .....           | 48 |
| <b>APÉNDICE N°12:</b> Tabla 12. Análisis estadístico de altura de planta 50 días..         | 48 |
| <b>APÉNDICE N°13:</b> Tabla 13. Datos de campo de altura de planta 80 días .....           | 49 |
| <b>APÉNDICE N°14:</b> Tabla 14. Análisis estadístico de altura de planta 80 días .         | 49 |
| <b>APÉNDICE N°15:</b> Tabla 15. Datos de campo de longitud de mazorcas (cm) .              | 50 |
| <b>APÉNDICE N°16:</b> Tabla 16. Análisis estadístico de longitud de mazorcas (cm)<br>..... | 50 |
| <b>APÉNDICE N°17:</b> Tabla 17. Datos de campo de longitud de mazorcas (cm) .              | 51 |
| <b>APÉNDICE N°18:</b> Tabla 18. Análisis estadístico de longitud de mazorcas .....         | 52 |
| <b>APÉNDICE N°19:</b> Tabla 19. Datos de campo de granos/mazorcas .....                    | 53 |
| <b>APÉNDICE N°20:</b> Tabla 20. Análisis estadístico de # de granos/mazorcas ....          | 53 |

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes del problema

El maíz (*Zea mays* L.) constituye actualmente el cultivo con mayor distribución mundial, presente en alrededor de 170 países y con más de 200 millones de hectáreas cosechadas para el año 2018. Este cereal desempeña un papel fundamental dentro del sector agroalimentario, ya que se emplea ampliamente en la producción de balanceados para la industria avícola y porcina, además de ser un componente esencial en la alimentación humana. Paralelamente, su cadena productiva aporta fuentes de trabajo constante para pequeños agricultores (Díaz et al., 2022).

El maíz se ha posicionado como un cultivo estratégico dentro del proceso de transformación de la matriz productiva. Su versatilidad permite destinarlo a múltiples fines: generación de biocombustibles, producción de alimentos, forraje e insumos para la industria (Pinzón, 2019).

Sin embargo, los rendimientos alcanzados en el cultivo del maíz siguen siendo limitados debido a un manejo ineficiente de los factores del sistema productivo. Entre los principales problemas se destacan una inadecuada preparación del suelo, el uso de semillas con baja calidad genética, el escaso control de plagas y enfermedades, la incorrecta densidad de siembra, un manejo deficiente de malezas y la aplicación inapropiada de fertilizantes; aspectos que afectan significativamente la productividad del grano (Baez, 2010).

La correcta nutrición del cultivo mediante fertilización edáfica permite establecer niveles óptimos de nutrientes para garantizar mayores rendimientos y mazorcas con un desarrollo adecuado. En este sentido, la disponibilidad de nitrógeno resulta especialmente crítica durante las fases de crecimiento y producción del maíz, por lo cual su adecuada gestión es esencial para maximizar el desempeño del cultivo (Imbacuán, 2015).

### 1.2 Planteamiento y formulación del problema

#### 1.2.1 Planteamiento del problema

El maíz (*Zea mays*) representa uno de los cultivos de mayor relevancia a nivel global, debido a su amplio valor nutricional, industrial y económico. No

obstante, su productividad depende de diversos factores agrotécnicos, particularmente de la densidad de siembra y del suministro de nitrógeno, los cuales inciden de manera directa en el crecimiento del cultivo, la eficiencia en el uso de recursos y el rendimiento final del grano.

Una densidad de siembra que no sea la adecuada puede ocasionar una competencia excesiva entre plantas por luz, agua y nutrientes, provocando reducciones en la calidad y cantidad de la cosecha. Del mismo modo, un manejo ineficiente de la fertilización nitrogenada —ya sea por sobredosificación o deficiencia— puede afectar negativamente el desarrollo vegetativo y reproductivo, además de generar repercusiones económicas y ambientales, como el incremento de costos y el riesgo de contaminación del suelo y fuentes hídricas.

Por ello, resulta fundamental determinar las combinaciones óptimas entre densidad de plantas y niveles de nitrógeno, de manera que se promueva una producción sostenible y rentable de maíz, maximizando el uso del espacio disponible y asegurando la adecuada disponibilidad de nutrientes durante el ciclo del cultivo.

### **1.2.2 Formulación del problema**

¿Cuál será el efecto de las densidades de siembra bajo tres niveles de fertilización edáfica en el rendimiento del cultivo de maíz?

## **1.3 Justificación de la investigación**

El maíz (*Zea mays* L.) se caracteriza por ser el único cereal cuyo aprovechamiento alimenticio es posible en todas las fases de su desarrollo, tanto para consumo humano como animal. Su relevancia económica a nivel global radica en su versatilidad, ya que constituye una fuente esencial de alimento y es materia prima para múltiples industrias, generando diversos productos de alto valor comercial (Guamán et al., 2020).

No obstante, en los últimos años se ha registrado una disminución del área destinada a su cultivo, asociada principalmente a los bajos niveles de productividad derivados de un manejo inadecuado de la fertilización. Este escenario ha provocado que los agricultores opten por otros cultivos, relegando prácticas tradicionales vinculadas al maíz. Entre los nutrientes esenciales, el nitrógeno se

identifica como el componente más crítico para su crecimiento, por lo que una deficiente o incorrecta aplicación puede generar pérdidas económicas significativas en el sistema productivo (Morán, 2012).

#### **1.4 Delimitación de la investigación**

La presente investigación se llevó a cabo bajo las siguientes limitaciones.

- **Espacio:** Se realizó en el cantón Yaguachi provincia de Guayas, Coordenadas: Longitud: -2.18931503 Latitud: -79.63915665
- **Tiempo:** Este trabajo tuvo una duración de seis meses y se realizó desde el mes de febrero del 2025 hasta junio del 2025.
- **Población:** Los beneficiados fueron todos los productores de maíz, en especial los del cantón Yaguachi.

#### **1.5 Objetivo general**

Evaluar el efecto de las densidades de siembra bajo tres niveles de fertilización edáfica en el rendimiento del cultivo de maíz.

#### **1.6 Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada en las etapas fenológicas del maíz y su influencia en el desarrollo de la planta.
- Evaluar la influencia de las distancias de siembra en el rendimiento del maíz.
- Determinar cuál de las interacciones afecta en el rendimiento y rentabilidad en el cultivo de maíz.

#### **1.7 Hipótesis o idea a defender**

Al menos uno de los tratamientos estudiados mejoró la respuesta agronómica del maíz y rendimiento en la zona agrícola de Yaguachi.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Estado del arte

(León et al., 2022) analizaron el efecto de diferentes densidades de siembra en el desempeño morfofisiológico y productivo de un maíz híbrido cultivado en época de verano bajo riego localizado. Se empleó un diseño experimental bifactorial en bloques completamente al azar, con tres distancias entre hileras y entre plantas, conformando nueve tratamientos con tres repeticiones. Las densidades variaron entre 33 000 y 71 000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Se evaluaron características de crecimiento, parámetros de mazorca y rendimiento estimado. Los resultados evidenciaron diferencias significativas atribuibles a los factores de espaciamiento, sin interacción entre ellos. La mayor productividad ( $10,72 \text{ t ha}^{-1}$ ) se registró con 71 000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , mientras que la menor densidad (33 000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ) generó mayor masa de granos por mazorca ( $209,54 \text{ g mazorca}^{-1}$ ) pero el rendimiento más bajo ( $5,69 \text{ t ha}^{-1}$ ).

Por su parte, (Capetillo et al., 2021) evaluaron un modelo conceptual para definir requerimientos de fertilización nitrogenada en maíz, considerando demanda del cultivo, aporte del suelo y eficiencia del fertilizante. Los resultados confirmaron que la aplicación de nitrógeno incrementa significativamente la absorción del nutrimento en comparación con tratamientos sin fertilizar. Se determinó que las dosis comúnmente utilizadas ( $150 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) exceden hasta en 44 %, 64 % y 52 % las necesidades reales del cultivo en tres localidades, indicando un problema recurrente de sobrefertilización.

En un ensayo realizado por (Aguirre, 2025) se evaluaron cuatro densidades de siembra y dos híbridos de maíz bajo un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial  $5A \times 2B$ . Se identificó que densidades elevadas como 100 000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  incrementaron la altura de planta y la inserción de mazorca. No obstante, parámetros de mazorca como longitud, diámetro y peso de cien semillas fueron superiores a 50 000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . El híbrido Atlas 105 mostró el mejor comportamiento agronómico y económico, alcanzando un rendimiento máximo de  $15,38 \text{ t ha}^{-1}$  y una relación beneficio/costo de 1,17, destacando 105 263 plantas  $\text{ha}^{-1}$  como el tratamiento más rentable.

(Solis y Castaño, 2022) estudiaron la interacción entre tres niveles de nitrógeno (120, 150 y 180 kg ha<sup>-1</sup>) y tres distancias de siembra en un DBCA factorial. Se analizaron variables de crecimiento y rendimiento de biomasa en tres épocas de corte. A los 30 días, la dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> produjo mayor altura, mientras que en cortes posteriores las diferencias fueron menores. El tratamiento T4 sobresalió a los 70 días con un rendimiento de 81 t ha<sup>-1</sup>, destacando también en parámetros nutricionales como proteína y materia seca.

(Murillo, 2021) evaluó cómo la fertilización nitrogenada aplicada en distintas fases del cultivo afecta la eficiencia en el uso de la radiación en siembras tardías de maíz. Se trabajó con fertirrigación y un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Se midió el índice de área foliar, altura y distribución de biomasa para calcular la eficiencia en el uso de la radiación, demostrando que el manejo del nitrógeno a lo largo del ciclo es determinante para optimizar la captación y conversión de energía lumínica.

Finalmente, (García et al., 2025) investigaron el impacto de la fecha de siembra y densidad poblacional en cuatro genotipos de maíz. Se evaluaron densidades entre 50 000 y 80 000 plantas ha<sup>-1</sup> en tres momentos de siembra (marzo, abril y mayo) bajo un DBCA con cuatro repeticiones. Los mejores resultados se obtuvieron en mayo, con 6,7 t ha<sup>-1</sup>, destacando incrementos en biomasa, índice de cosecha y número de granos por m<sup>2</sup>. El híbrido Faisán fue el de mayor rendimiento debido a su mayor número de granos por unidad de superficie.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Cultivo de maíz**

#### **2.2.1.1. Origen**

El maíz se originó en una parte restringida de México a partir de este lugar varios tipos emigraron posteriormente hacia otros sitios de América. Fue durante el descubrimiento de América por Cristóbal Colón, que fue observado por primera vez en la isla de Cuba en octubre de 1492 (Roca, 2020).

Las primeras mazorcas eran notablemente más pequeñas que las actuales, con una longitud cercana a 3–4 cm y escaso número de granos. Alrededor de mil años después, la selección natural y el manejo agrícola de las

civilizaciones precolombinas permitieron su evolución hacia formas más productivas y similares a las que se cultivan hoy en día (Coral, 2017, p. 7).

### **2.2.1.2. Taxonomía**

Según (Ore, 2015) la taxonomía del maíz es la siguiente:

“Reino: Plantae  
División: Magnoliophyta  
Clase: Liliopsida  
Orden: Cyperales  
Familia: Poaceae  
Género: *Zea*  
Especie: *mays*. (p. 18)

### **1.2.1.3. Generalidades**

El maíz es una especie monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae y agrupa tres géneros de origen americano: *Tripsacum*, *Euchlaena* y *Zea*. Es una planta diploide con 10 pares de cromosomas y una amplia diversidad varietal. Presenta fecundación predominantemente alógama, dado que el polen procede de flores distintas dentro de la misma planta o entre plantas diferentes (Basantes, 2017).

A nivel mundial se reconoce como uno de los cereales más antiguos y relevantes. En 2010 ocupó el primer lugar en producción global, seguido del arroz y el trigo. Su origen tropical le permite adaptarse a diversas condiciones ambientales, desde el nivel del mar hasta aproximadamente 3 800 m s. n. m., razón por la cual se cultiva en casi todas las regiones del planeta (Díaz H. , 2017).

### **1.2.1.4. Morfología**

- **Raíz**

El sistema radical cumple funciones de sostén y absorción de agua y nutrientes. La emergencia del sistema radicular inicia con raíces embrionarias y luego se establecen raíces adventicias que conforman la estructura permanente (Agrotendencia, 2019).

- **Tallo**

Es un tallo erecto, robusto y sin ramificaciones laterales, con apariencia similar a la caña. Puede alcanzar hasta 4 m de altura y presenta nudos y entrenudos con una médula esponjosa internamente (Jiménez I. , 2016).

- **Hoja**

Las hojas son alternas, alargadas y con nervadura paralela; rodean al tallo mediante una vaina. Presentan textura áspera y bordes filosos (Morales, 2016).

- **Flores**

El maíz es monoico, es decir, posee flores masculinas y femeninas separadas en la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula situada en el extremo superior y produce entre 20 y 25 millones de granos de polen. Cada flor masculina cuenta con tres estambres donde se forma el polen (Chavez V. , 2015).

- **Fruto**

El fruto es una carióspside, característico de las gramíneas, y se inserta en un eje denominado raquis o elote. El número de hileras por mazorca varía generalmente entre 10 y 25 (Aguayo A. , 2020).

#### **1.2.1.5. Importancia del cultivo de maíz**

El maíz ocupa el tercer lugar a nivel global entre los cereales más sembrados, después del trigo y el arroz, y se cultiva en más países que cualquier otro cultivo. También registra la mayor producción por unidad de superficie (Badillo A. , 2016).

Su valor económico radica en su amplia utilización: consumo humano, alimentación animal e industria. Además, se desarrolla bajo una diversidad de ambientes mayor a la de cualquier otro cultivo (Arizala, 2015).

#### **1.2.1.6. Fertilización del maíz**

La fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz es esencial para garantizar un buen desarrollo vegetativo y una alta productividad. El nitrógeno (N) es uno de los nutrientes más importantes, ya que participa en la síntesis de proteínas y en el

crecimiento de las plantas. Las dosis y momentos de aplicación del nitrógeno dependen de factores como el tipo de suelo, las condiciones climáticas y el rendimiento esperado (Islas, 2024).

El análisis químico de suelo es fundamental, ya que permite conocer la disponibilidad de nutrientes y definir las dosis necesarias para suplir deficiencias mediante fertilizantes. El análisis foliar y de agua puede complementar esta información para una recomendación precisa y ajustada al cultivo (Sela, 2020).

### **1.2.2 Fertilización con nitrógeno**

El nitrógeno es el nutriente más limitante para alcanzar altos rendimientos en maíz, pues este cultivo tiene mayores requerimientos de dicho elemento en comparación con otros cereales. De los cereales el maíz es el cultivo que más extrae nitrógeno en la producción en campo (Sotomayor, 2017).

Interviene en procesos esenciales como la división celular y la síntesis de clorofila, imprescindible para la fotosíntesis, además de formar parte de proteínas, aminoácidos y enzimas. Su adecuada disponibilidad influye en la producción de carbohidratos, almidón, lípidos y otros componentes clave para el desarrollo y productividad del cultivo (Acosta, 2020).

## **2.3 Marco legal**

El presente trabajo consiste en el efecto de Microorganismos Antagonistas para el Manejo de Mazorca Negra en Cacao, Puerto Inca-Naranjal y se relaciona con los siguientes artículos:

**Art. 13.-** Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.

El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria.

**Art. 14.-** Según la Constitución de la República sección II. Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológico equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de lo ecosistema, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados

**Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de

bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

El MAG través del Acuerdo Ministerial 382, establece los lineamientos para el registro y control de insumos agrícolas como bioestimulantes y fitohormonas. Este acuerdo dispone que todo producto debe ser evaluado y aprobado técnicamente antes de su uso comercial, y figurar en el Registro Nacional de Insumos Agropecuarios (RENIA), asegurando así su eficacia e inocuidad. Estas normativas respaldan legalmente la ejecución de investigaciones enfocadas en mejorar la productividad agrícola mediante el uso de tecnologías bioactivas que respeten la salud humana y el medio ambiente. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Enfoque de la investigación

##### **3.1.1 Tipo y alcance de la investigación**

Esta es una investigación experimental, en la cual se evaluó el efecto de las densidades de siembra bajo tres niveles de fertilización edáfica en el rendimiento del cultivo de maíz.

##### **3.1.1.1. Investigación experimental**

Se analizó el efecto de las densidades de siembra bajo tres niveles de fertilización edáfica en el rendimiento del cultivo de maíz.

##### **3.1.1.2. Investigación descriptiva**

Se evaluó y analizó cada variable para documentarla descriptivamente en todos los datos encontrados en el transcurso de esta investigación.

##### **3.1.1.3. Investigación documental**

Se visualizó textualmente todos los datos incluyendo resultados evaluados y analizados obtenidos al final de este estudio.

##### **3.1.1.4. Investigación de campo**

Se realizó el trabajo de estudio en campo por lo que aplica a este tipo de investigación.

##### **3.1.2 Diseño de investigación**

El diseño que se empleó en esta investigación fue experimental. En el cual se evaluó la combinación de densidades de siembra bajo tres niveles de fertilización edáfica a base de nitrógeno, para identificar el mejor tratamiento estudiado.

#### 3.2 Metodología

##### **3.2.1 Variables**

##### **3.2.1.1. Variable independiente**

Densidades de siembra, Dosis de fertilización nitrogenada (Urea).

##### **3.2.1.2. Variables dependientes**

- **Altura de planta (cm):**

De cada parcela se tomaron 10 plantas del área útil y con ayuda de una cinta métrica se tomaron medidas desde la base del suelo hasta la inserción de la espiga para ser expresado en cm, a los 50 y 80 días.

- **Diámetro del tallo (cm):**

Después de la cosecha, se tomaron 10 plantas al azar del área útil de cada parcela, se consideró la medida del diámetro del tallo desde el tercer entrenudo y fue expresado en centímetros.

- **Longitud de la mazorca (cm):**

Se tomó 10 mazorcas del área útil de cada parcela y después se midió la longitud de la mazorca. Fue tomada desde la base de la mazorca hasta la punta, con la ayuda de un flexómetro, los datos obtenidos se consideraron en centímetros.

- **Número de granos por mazorca (n):**

De las mazorcas cosechas del área útil de la parcela (10 mazorcas) se contabilizaron el número de granos que contiene cada una, para un registro por tratamiento.

- **Rendimiento (kg/ha):**

Se determinó por los granos provenientes de cada parcela útil, una vez cosechadas y desgranadas las mazorcas, la humedad fue ajustada al 14% de humedad. El resultado de esta variable se expresó en kg/ha. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} \left( \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = \text{Número de granos} \times \frac{\text{Peso promedio por grano (kg)}}{\text{Área sembrada (ha)}}$$

- **Análisis económico:**

Esta variable fue ejecutada en base a la siguiente fórmula para calcular los costos y la utilidad marginal:

$$\text{Relación Utilidad/Costo} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Costo neto}}$$

### 3.2.2 Tratamientos

El factor de estudio fue compuesto por la combinación de las densidades de siembra bajo tres niveles de nitrógeno de forma edáfica, bajo un diseño factorial 3x3+1. Los tratamientos son mostrados a continuación:

**Tabla 1.**  
**Descripción de los tratamientos experimentales**

| Trat      | Factor A   |       |    | Factor B   | Dosis     | Frecuencia de |
|-----------|------------|-------|----|------------|-----------|---------------|
|           | Densidades |       |    | Dosis (ha) | (Parcela) | aplicación    |
|           |            |       |    | kg         | kg        | DDS           |
| <b>1</b>  | A1         | 62500 | B1 | 120        | 3         | 8- 30 - 45    |
| <b>2</b>  | A1         | 62500 | B2 | 240        | 6         | 8- 30 - 45    |
| <b>3</b>  | A1         | 62500 | B3 | 360        | 9         | 8- 30 - 45    |
| <b>4</b>  | A2         | 46800 | B1 | 120        | 3         | 8- 30 - 45    |
| <b>5</b>  | A2         | 46800 | B2 | 240        | 6         | 8- 30 - 45    |
| <b>6</b>  | A2         | 46800 | B3 | 360        | 9         | 8- 30 - 45    |
| <b>7</b>  | A3         | 55000 | B1 | 120        | 3         | 8- 30 - 45    |
| <b>8</b>  | A3         | 55000 | B2 | 240        | 6         | 8- 30 - 45    |
| <b>9</b>  | A3         | 55000 | B3 | 360        | 9         | 8- 30 - 45    |
| <b>10</b> |            | 83250 |    | Testigo    |           | 0             |

**Elaborado por: El Autor, 2026**

### 3.2.4 Diseño experimental

**Tabla 2.**  
**Esquema del análisis de varianza**

| Factor A              | Factor B   |
|-----------------------|------------|
| A1: 0,20*0,80 = 62500 | B1: 120 kg |
| A2: 0,25*0,85 = 46800 | B2: 240 kg |
| A3: 0,20*0,90 = 55000 | B3: 360 kg |
| 0,15*0,80 = 83250     |            |

| Fuente de Variación   | Fórmula       | Grados de libertad |
|-----------------------|---------------|--------------------|
| Factor A (Densidades) | A -1          | 2                  |
| Factor B (Dosis)      | B -1          | 2                  |
| Repeticiones          | r - 1         | 3                  |
| Interacción AxB       | (A -1) (B -1) | 4                  |
| Testigo vs Resto      |               | 1                  |
| Tratamientos          | (T-1)         | 9                  |
| Error experimental    |               | 27                 |
| Total                 | N -1          | 39                 |

Elaborado por: El Autor, 2026

### 3.2.5 Recolección de datos

#### 3.2.5.1. Recursos

- **Materiales y herramientas:** Se emplearon herramientas manuales y de campo como machete, palas, estacas, cintas de señalización, letreros; además de equipos para aplicación y suministro de insumos como tanque, balde, bomba de mochila, guantes y botas de protección. También se utilizaron fertilizantes y elementos de medición como balanza y dosificadores. Para el registro y procesamiento de información se contó con computadoras, proyectores, cuadernos de anotaciones, lápices, borradores, mapas y dispositivos fotográficos.
- **Recurso bibliográfico:** Se consultó literatura científica compuesta por artículos académicos, informes técnicos, libros especializados, folletos, tesis universitarias y fuentes digitales confiables.

- **Material experimental:** El material biológico utilizado fueron semillas de maíz híbrido ADV9139, además de los fertilizantes programados para la investigación.
- **Recursos humanos:** Participaron en el estudio el tesista como responsable de la ejecución, el docente tutor del proyecto y el encargado de la finca como apoyo en la gestión del área experimental.
- **Recursos económicos:** El financiamiento de la presente investigación será cubierto íntegramente con recursos propios del tesista.

**Tabla 3.**  
**Presupuesto del estudio**

| <b>Materiales</b> | <b>Cantidad</b>     | <b>Valor en \$</b> |
|-------------------|---------------------|--------------------|
| Nitrógeno         | 10                  | 300                |
| Transporte        |                     | 100                |
| Terreno           | 1000 m <sup>2</sup> | 300                |
| Jornales          | 5                   | 100                |
| Herramientas      | 10                  | 120                |
| Insumos varios    | 5                   | 100                |
| Total             |                     | \$750              |

**Elaborado por: El Autor, 2026**

### **3.2.5.2. Métodos y técnicas**

#### **3.2.5.2.1. Métodos**

- **Método inductivo:** Este método se aplicó para analizar y estructurar los resultados obtenidos en el experimento, permitiendo identificar patrones y tendencias que contribuyen al cumplimiento de los objetivos específicos y a la verificación de la hipótesis.
- **Método deductivo:** Se utilizó para razonar a partir de conceptos y teorías generales previamente aceptadas en la literatura científica, con el fin de derivar inferencias y suposiciones aplicadas al comportamiento del cultivo bajo estudio.

- **Método sintético:** Mediante este enfoque fue posible integrar y relacionar la información generada en el proceso investigativo, facilitando la elaboración de la discusión y conclusiones desde una visión global del trabajo realizado.

#### **3.2.5.2.2. Técnicas**

Las labores culturales que se realizarán son las siguientes:

- **Análisis de suelo:** Se realizó el respectivo análisis de suelo previo y poder realizar una adecuada dosificación de los fertilizantes.
- **Delimitación de los tratamientos en estudio:** Se realizó la respectiva delimitación de los tratamientos respetando los distanciamientos de cada parcela y poder realizar una adecuada dosificación de los tratamientos.
- **Riego:** Se aplicó riego por gravedad para aportar humedad al suelo cuando el mismo lo amerite.
- **Control de malezas:** El control de malezas se lo realizó de forma química y manual.
- **Fertilización:** La aplicación de los fertilizantes fue en función de los tratamientos en estudio.
- **Control de enfermedades:** Se realizó de forma convencional.
- **Cosecha:** Se cosechó cuando las mazorcas alcanzaron la madurez fisiológica de acuerdo con la característica del material.
- **Toma de datos:** Se realizó después de haber cosechados los frutos según cada variable en estudio.

### 3.2.6 Población y muestra

**Tabla 4.**  
**Descripción de las parcelas experimentales**

| Descripción                        | Cantidad  | Total              |
|------------------------------------|-----------|--------------------|
| Número de tratamientos             | 10        |                    |
| Número de repeticiones             | 4         |                    |
| Número de parcelas                 | 40        |                    |
| Ancho de la unidad experimental    | 5 m       |                    |
| Longitud de la unidad experimental | 5 m       |                    |
| Área de la parcela                 | 5 m x 5 m | 25 m <sup>2</sup>  |
| Área útil de la parcela            |           | 16 m <sup>2</sup>  |
| Área total del estudio             |           | 900 m <sup>2</sup> |

**Elaborado por: El Autor, 2026**

### 3.2.7 Análisis estadístico

#### 3.2.7.1. Análisis funcional

El método para la comparación de los tratamientos es por medio de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad donde, se verificó si existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Determinación del efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada en las etapas fenológicas del maíz y su influencia en el desarrollo de la planta.

- **Altura de plantas (Cm)**

A los 50 y 80 días se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, destacando que el Factor B mostró mayor influencia sobre la variable de respuesta que el Factor A. En ambos tiempos de evaluación, el nivel B3 fue el que generó los valores más altos, particularmente en combinación con A1 (A1B3), que se posicionó como el tratamiento superior, mientras que los niveles B1 y el testigo registraron los valores más bajos, agrupándose en las últimas categorías estadísticas. La tendencia evidencia un incremento progresivo del efecto de los tratamientos con el tiempo, reforzando la superioridad de B3 sobre los demás niveles. Además, los bajos coeficientes de variación (1,06 % y 0,76 %) indican alta precisión experimental y confiabilidad en los resultados obtenidos.

**Tabla 5.**  
**Promedio de altura de plantas (cm)**

| Factor A | Factor B | 50 días  | 80 días  |
|----------|----------|----------|----------|
| A1       | B1       | 118,5 cd | 196,0 de |
| A1       | B2       | 125,5 b  | 205,5 c  |
| A1       | B3       | 133,5 a  | 216,5 a  |
| A2       | B1       | 115,5 de | 188,5 f  |
| A2       | B2       | 121,5 c  | 198,8 d  |
| A2       | B3       | 128,5 b  | 209,5 b  |
| A3       | B1       | 112,5 e  | 184,0 g  |
| A3       | B2       | 119,5 c  | 194,0 e  |
| A3       | B3       | 125,5 b  | 203,0 c  |
| Testigo  |          | 110,5 e  | 180,3 g  |
| CV       |          | 1,06     | 0,76     |

Elaborado por: El Autor, 2026

- **Diámetro del tallo (cm)**

Los resultados muestran diferencias estadísticas significativas entre las combinaciones de los factores evaluados, donde el nivel B3 del Factor B genera los valores promedio más altos en cada nivel del Factor A, sobresaliendo especialmente el tratamiento A1B3, como el de mejor desempeño. Además, los niveles B1 y el testigo registran los valores más bajos, lo cual evidencia un efecto marcadamente inferior. En general, se observa que el Factor B ejerce mayor influencia sobre la variable de respuesta, mostrando una tendencia de incremento conforme se pasa del nivel B1 a B3 dentro de cada nivel del Factor A. Adicionalmente, el coeficiente de variación (0,65 %) confirma una elevada precisión experimental y una baja variabilidad entre repeticiones, lo que respalda la confiabilidad de los datos obtenidos.

**Tabla 6.**  
**Promedio de diámetro de tallo (cm)**

| Factor A | Factor B | Promedio |
|----------|----------|----------|
| A1       | B1       | 2,11 d   |
| A1       | B2       | 2,21 b   |
| A1       | B3       | 2,31 a   |
| A2       | B1       | 1,96 g   |
| A2       | B2       | 2,06 e   |
| A2       | B3       | 2,16 c   |
| A3       | B1       | 1,91 h   |
| A3       | B2       | 2,01 f   |
| A3       | B3       | 2,11 d   |
| Testigo  |          | 1,76 h   |
| CV       |          | 0,65     |

Elaborado por: El Autor, 2026

## 4.2 Evaluación de la influencia de las distancias de siembra en el rendimiento del maíz.

- **Longitud de la mazorca**

Los resultados muestran diferencias estadísticas significativas en los promedios obtenidos entre los tratamientos, destacando que el nivel B3 del Factor B genera consistentemente los valores más altos en los tres niveles del Factor A, siendo A1B3 el tratamiento superior. A medida que el Factor B avanza de B1 a B3 dentro de cada nivel del Factor A, se observa una tendencia clara de incremento en la variable evaluada, lo que evidencia que el Factor B tiene un mayor efecto que el Factor A. En el extremo opuesto, los valores más bajos corresponden al nivel B1 y al testigo, indicando un desempeño significativamente inferior. Además, el coeficiente de variación de 0,82 % demuestra una alta precisión experimental y uniformidad en los datos, reforzando la confiabilidad de los resultados.

**Tabla 7.**  
**Promedio de longitud de mazorcas (cm)**

| Factor A | Factor B | Promedio |
|----------|----------|----------|
| A1       | B1       | 15,55 de |
| A1       | B2       | 16,45 b  |
| A1       | B3       | 17,25 a  |
| A2       | B1       | 14,85 f  |
| A2       | B2       | 15,65 d  |
| A2       | B3       | 16,55 b  |
| A3       | B1       | 14,35 g  |
| A3       | B2       | 15,25 e  |
| A3       | B3       | 16,05 c  |
| Testigo  |          | 13,55 g  |
| CV       |          | 0,82     |

Elaborado por: El Autor, 2026

- **Número de granos/mazorcas**

Los resultados muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos, aunque con menor contraste que en las variables previamente analizadas. Los valores más altos se presentan en el nivel A1 del Factor A combinado con B2 y B3 (369–371), lo que indica un mejor desempeño respecto al resto. No obstante, la mayoría de los tratamientos presenta una media parecida, lo que sugiere que no existen diferencias marcadamente significativas entre muchos de ellos. Los valores más bajos corresponden al Testigo y al tratamiento A3B1 (274 y 297), siendo estadísticamente inferiores a los mejores tratamientos. En términos generales, se aprecia una ligera tendencia a mejores resultados con el nivel A1, pero sin una separación estadística tan clara dentro del Factor B como en análisis anteriores. El coeficiente de variación de 8,75 % refleja una variabilidad moderada en los datos, aceptable pero menor en precisión comparada con otras variables evaluadas.

**Tabla 8.**  
**Promedio del número de mazorcas**

| <b>Factor A</b> | <b>Factor B</b> | <b>Promedio</b> |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| A1              | B1              | 339 ab          |
| A1              | B2              | 369 a           |
| A1              | B3              | 371 a           |
| A2              | B1              | 317 ab          |
| A2              | B2              | 344 ab          |
| A2              | B3              | 347 ab          |
| A3              | B1              | 297 b           |
| A3              | B2              | 324 ab          |
| A3              | B3              | 324 ab          |
| Testigo         |                 | 274 b           |
| CV              |                 | 8,75            |

Elaborado por: El Autor, 2026

### 4.3 Determinación de las interacciones afecta en el rendimiento y rentabilidad en el cultivo de maíz.

- **Rendimiento kg/ha**

Los resultados evidencian diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos evaluados, resaltando que el Factor B ejerce un efecto determinante sobre la variable de respuesta. El nivel B3 es el que genera los valores más altos en todos los niveles del Factor A, destacando principalmente el tratamiento A1B3, como el de mayor rendimiento A medida que el Factor B incrementa de B1 a B3, se observa una tendencia clara de aumento en los promedios, mientras que los valores más bajos corresponden sistemáticamente al nivel B1 y al testigo, lo cual indica un desempeño significativamente inferior. El coeficiente de variación de 0,67 % confirma una elevada precisión experimental y baja dispersión en los datos, reforzando la fiabilidad de los resultados obtenidos.

**Tabla 9.**  
**Promedio del rendimiento (kg/ha)**

| Factor A | Factor B | Promedio |
|----------|----------|----------|
| A1       | B1       | 4056,3 e |
| A1       | B2       | 4466,3 b |
| A1       | B3       | 4815,0 a |
| A2       | B1       | 3808,8 g |
| A2       | B2       | 4163,8 d |
| A2       | B3       | 4510,0 b |
| A3       | B1       | 3605,0 h |
| A3       | B2       | 3962,5 f |
| A3       | B3       | 4305,0 c |
| Testigo  |          | 3253,8 h |
| CV       |          | 0,67     |

Elaborado por: El Autor, 2026

- **Análisis beneficio costo (ABC)**

El análisis económico demuestra que existe una clara correspondencia entre el incremento del rendimiento y la rentabilidad obtenida por los tratamientos. Las combinaciones con nivel B3 generan los mayores ingresos brutos e índices de beneficio, destacando el tratamiento A1B3, que registra el mayor B/C (\$1,29) y el mayor beneficio neto, posicionándose como la opción económica más favorable. Por lo tanto, los niveles B1 dentro de A3 y el testigo presentan los menores indicadores económicos ( $B/C \leq 0,93$ ), lo que evidencia que no generan una rentabilidad suficiente frente a los costos de producción. Aunque el costo fijo permanece constante y el costo variable aumenta según el nivel de B, el retorno económico supera ampliamente esta inversión adicional cuando se aplica el nivel B3. En conclusión, tanto el desempeño productivo como la evaluación económica confirman que la estrategia más eficiente y rentable corresponde al uso del nivel B3, especialmente en combinación con el Factor A1.

**Tabla 10.**  
**Análisis beneficio costo (ABC)**

| Factor A | Factor B | Rendimiento | CF (\$) | CV (\$) | CT (\$) | IB (\$) | B/N     | B/C  |
|----------|----------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| A1       | B1       | 4056,3      | 650     | 60      | 710     | 1541,39 | 831,39  | 1,17 |
| A1       | B2       | 4466,3      | 650     | 100     | 750     | 1697,19 | 947,19  | 1,26 |
| A1       | B3       | 4815,0      | 650     | 150     | 800     | 1829,70 | 1029,70 | 1,29 |
| A2       | B1       | 3808,8      | 650     | 60      | 710     | 1447,34 | 737,34  | 1,04 |
| A2       | B2       | 4163,8      | 650     | 100     | 750     | 1582,24 | 832,24  | 1,11 |
| A2       | B3       | 4510,0      | 650     | 150     | 800     | 1713,80 | 913,80  | 1,14 |
| A3       | B1       | 3605,0      | 650     | 60      | 710     | 1369,90 | 659,90  | 0,93 |
| A3       | B2       | 3962,5      | 650     | 100     | 750     | 1505,75 | 755,75  | 1,01 |
| A3       | B3       | 4305,0      | 650     | 150     | 800     | 1635,90 | 835,90  | 1,04 |
| Testigo  |          | 3253,8      | 650     | 0       | 650     | 1236,44 | 586,44  | 0,90 |

Elaborado por: El Autor, 2026

## 5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos demostraron que la fertilización nitrogenada influyó significativamente en el desarrollo del maíz desde etapas tempranas hasta la madurez fisiológica, observándose mayores valores en altura, parámetros estructurales y rendimiento cuando se aplicó 360 kg de nitrógeno. Esto coincide con lo reportado por Solís y Castaño (2022), quienes encontraron que dosis altas de nitrógeno aumentan el crecimiento inicial y la acumulación de biomasa. Asimismo, Murillo (2021) describió que un suministro adecuado de nitrógeno a lo largo del ciclo mejora la eficiencia en el uso de la radiación, lo que se refleja en mayor rendimiento; lo cual concuerda con el comportamiento observado en los tratamientos con B3.

En cuanto a las distancias de siembra, el nivel A1 favoreció el rendimiento frente a densidades más amplias como A3. Este comportamiento concuerda con León et al. (2022), quienes encontraron que a menor distanciamiento de siembra incrementa la productividad por superficie aun cuando se reduce el tamaño individual de la mazorca. De igual manera, Aguirre (2025) evidenció que dichas densidades mejoran la captación y uso de recursos, permitiendo mejores resultados agronómicos y rendimiento económico. En este estudio, el mejor promedio productivo se obtuvo precisamente con el distanciamiento 0,20 m x 0,80 m y se combinó con el nivel óptimo de fertilización.

Finalmente, la interacción entre los factores demostró ser determinante en el rendimiento y en la rentabilidad del cultivo, cumpliendo con el tercer objetivo planteado. La combinación A1B3 sobresalió estadísticamente en producción y reportó el mayor índice beneficio/costo (\$1,29), superando a los demás tratamientos y al testigo, que resultó económicamente no rentable.

Estos resultados se alinean con lo encontrado por García et al. (2025), quienes afirman que la interacción entre manejo de densidad y condiciones del cultivo maximiza el número de granos por superficie y, por ende, la producción y el retorno económico. De esta forma, se confirma que la adecuada integración de la fertilización nitrogenada y la distancia de siembra es clave para optimizar la productividad del maíz.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- Los niveles crecientes de fertilización nitrogenada generaron mejoras significativas en las variables de crecimiento y desarrollo evaluadas en todas las etapas fenológicas, lo que demuestra que el nitrógeno es un factor determinante para potenciar el vigor y productividad del cultivo.
- El nivel A1 presentó los valores más altos en rendimiento y otras variables estructurales, lo que indica que la distancia de siembra asociada a este nivel favoreció mejor aprovechamiento de la fertilización y de los recursos del cultivo.
- La interacción A1B3 fue la más eficiente tanto en rendimiento como en beneficio económico (mayor B/C = \$1,29), evidenciando que la combinación adecuada de densidad de siembra y fertilización maximiza la productividad y rentabilidad del maíz.

### 6.2 Recomendaciones

- Aplicar el nivel más alto de nitrógeno evaluado (B3) 360 kg, ya que promovió un mayor desarrollo de la planta en todas las etapas fenológicas y generó incrementos significativos en las variables de crecimiento y rendimiento del maíz.
- Emplear la distancia de siembra correspondiente a 0,20 m x 0,80 m, debido a que permitió un mejor aprovechamiento del nitrógeno y mayor eficiencia productiva respecto a las demás distancias evaluadas.
- Garantizar mayor productividad y retorno económico, utilizando la combinación A1B3, ya que fue la que obtuvo los valores más altos de rendimiento y el mejor índice beneficio/costo, superando claramente al resto de tratamientos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, B. (2020). *Función del nitrógeno en las plantas y su importancia*.  
<https://www.ecologiaverde.com/funcion-del-nitrogeno-en-las-plantas-y-su-importancia-2704.html>
- Agrotendencia. (2019). *Cultivo de maíz*. <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-del-maiz/>
- Aguayo, A. (2020). *Efecto del silicio y bioestimulantes sobre el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L) amarillo duro*. Tesis de grado, Escuela Superior Politecnica Agropecuaria de Manabi, Calceta.  
<http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1335/1/TTA08D.pdf>
- Aguirre, N. (2025). *Efecto de cuatro densidades de siembra de dos híbridos de Zea mays (maíz) en el rendimiento agronómico en Tingo María*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.  
<https://repositorio.unas.edu.pe/items/a8cf0847-25cd-41c8-9090-754b6ce912b1>
- Arizala, R. (2015). *Efecto de la tecnología agcelence en el desarrollo y producción del híbrido de maíz iniap`h-601´, en la zona de Quinsaloma, provincia de Los Ríos*. Tesis de grado, Universidad Tecnica de Babahoyo, Los Rios.  
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/1007/T-UTB-FACIAG-AGROP-000042.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Badillo , A. (2016). *Evaluación del aporte de gallinaza fresca en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) variedad INIAP 122, En dosis diferentes en la parroquia Malchinguí*. Tesis (pregrado), Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Baez, J. (2010). *Evaluación de una mezcla de abonos orgánicos versus fertilización sintética sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz*. Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/35165943.pdf>
- Basantes, E. (2017). *Manejo del Cultivo de Maíz*.  
<https://elproductor.com/2017/01/manejo-del-cultivo-de-maiz/>

- Capetillo, A., López, C., Zetina, R., Reynolds, M., Matilde, C., Cadena, M., & López, J. (2021). Modelo conceptual de fertilización nitrogenada para maíz (*Zea mays* L.) en Veracruz, México. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 7(14), 1636-1656. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/8783>
- Chavez, V. (2015). *Validación de la metodología de manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz (Zea mays L.) En chazo, provincia de chimborazo*. Tesis de grado, Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4267/1/13T0811%20.pdf>
- Coral, J. (2017). *Caracterización morfológica y agronómica de dos genotipos de maíz (Zea mays L.) En la zona media de la parroquia malchinguí*. Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador, Quito. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13056/1/T-UCE-0004-42-2017.pdf>
- Díaz, H. (2017). *Influencia de tres fuentes potásicas aplicadas en dos épocas sobre el rendimiento del maíz amarillo duro (Zea mays), végueta - huaura*. Tesis de investigación, Universidad Católica Sedes Sapientiae, Perú. [http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/216/Diaz\\_Hermes\\_tesis\\_bachiller\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/216/Diaz_Hermes_tesis_bachiller_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Díaz, P., Hidalgo, E., Cabrejo, C., & Valdés, O. (2022). Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la aplicación foliar de abonos orgánicos. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 38(2), 144-153. [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-38902022000200144&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-38902022000200144&script=sci_arttext&tlng=pt)
- García, G., Araujo, R., Estrada, G., Martínez, C., & López, J. (2025). Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento de maíz en respuesta a densidad y fecha de siembra en Toluca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 16(4), 1-14. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342025000400110&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342025000400110&script=sci_arttext)

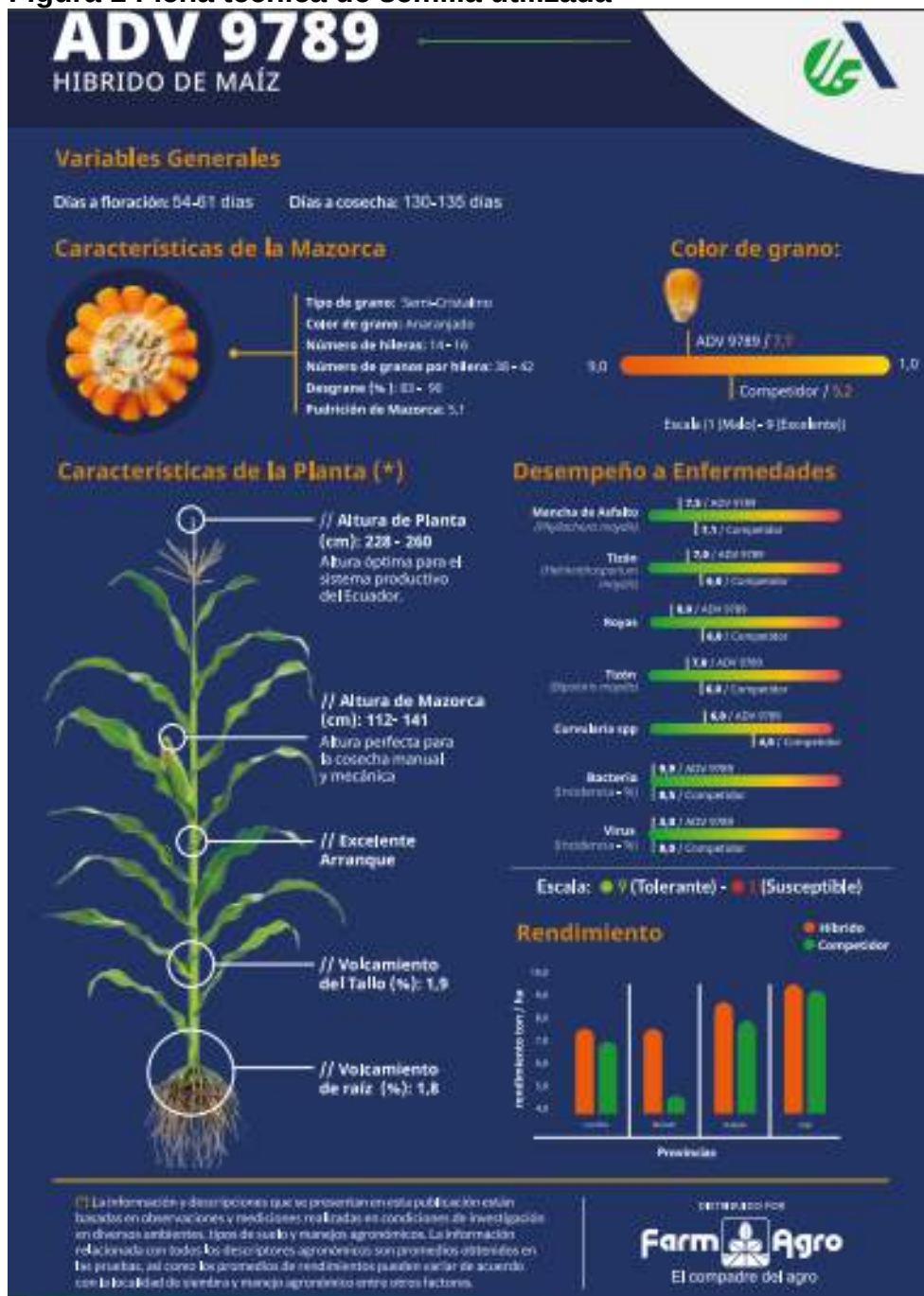
- Guamán, R., Desiderio, T., Villavicencio, A., Ulloa, S., & Romero, E. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Revista Siembra*, 7(2), 47-56. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2477-88502020000100047&script=sci\\_arttext](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2477-88502020000100047&script=sci_arttext)
- Imbacuán, J. (2015). *Efecto de la aplicación de tres niveles de fertilización química en el comportamiento agronómico de dos variedades de maíz duro*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Carchi. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/1058/T-UTB-FACIAG-AGR-000210.pdf?sequence=1>
- InfoAgro. (2015). *El cultivo de maíz*. <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>
- Jiménez, I. (2016). *Comportamiento agronómico del cultivo de maíz (zea mays l.) asociado con maní (arachis hypogaea l.) con diversos distanciamientos de siembra y tres dosis de bioestimulante orgánico*. Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1647/1/T-UTEQ-0029.pdf>
- KWS. (2019). *Fertilización del maíz*. <https://www.kws.com/es/es/asesoramiento/gestion-del-crecimiento-de-la-planta/fertilizacion/fertilizacion-del-maiz/>
- León, R., Avellán, B., Torres, A., Héctor, E., & Fosado, O. (2022). Densidad de siembra y comportamiento morfo-fisiológico y productivo del maíz híbrido INIAP H-603. *Cultivos Tropicales*, 43(4), 1-7. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193279117010/193279117010.pdf>
- Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria. (22 de enero de 2014). [www.asambleanacional.gob.ec](http://www.asambleanacional.gob.ec). Retrieved 20 de febrero de 2018, from [www.asambleanacional.gob.ec](http://www.asambleanacional.gob.ec): [http://www.asambleanacional.gob.ec/es/contenido/manuscritos\\_desde\\_la\\_asamblea\\_0](http://www.asambleanacional.gob.ec/es/contenido/manuscritos_desde_la_asamblea_0)

- Morales, G. (2016). *Caracterización agromorfológica de 80 accesiones de maíz (Zea mays) del banco de germoplasma de la universidad tecnica de cotopaxi en el centro experimental agropecuario salache alto ceasa UTC*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2529/1/T-UTC-00065.pdf>
- Morán, J. (2012). *Efecto de dos fuentes de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de maíz (Zea mays L.), en la parroquia de Ilumán provincia de Imbabura*. Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2681/1/03%20AGP%20152%20TESIS.pdf>
- Murillo, A. (2021). *Eficiencia en el uso de la radiación en cultivo de maíz (Zea mays L.) según fertilización nitrogenada en distintos estadios fenológicos*. Universidad Nacional de Lujan. <https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/handle/rediunlu/885>
- Ore, S. (2015). *Comparacion de cinco ciclos de seleccion en dos compuestos raciales de maíz (Zea mays L.) San geronimo y huancavelicano*. Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro de Perú, Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/547/TOIS-884.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pinzón, E. (2019). *Influencia de los modelos de producción agrícola de maíz duro al cambio climático en el cantón Shushufindi*. Tesis de grado, Universidad Andina Simón Bolívar, Quito. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6871/1/T2964-MCCSD-Pinzon-Influencia.pdf>
- Sela, G. (2020). *Cuál es la fertilización más adecuada para maíz?* [https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/corn\\_fertilizer/](https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/corn_fertilizer/)
- Solis, L., & Castaño, C. (2022). Efectos de los niveles de fertilización, distancias de siembra y momentos de corte sobre la calidad nutricional del ensilaje de maíz. *Archivos de zootecnia*, 71(273), 19-22. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8543308>

Sotomayor, R. (2017). *Fuentes y dosis de nitrógeno en la productividad del maíz amarillo duro bajo dos sistemas de siembra*. Artículo científico, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.  
file:///C:/Users/Ariana%20Lascano/Downloads/Dialnet-FuentesYDosisDeNitrogenoEnLaProductividadDelMaizAm-6232141%20(3).pdf

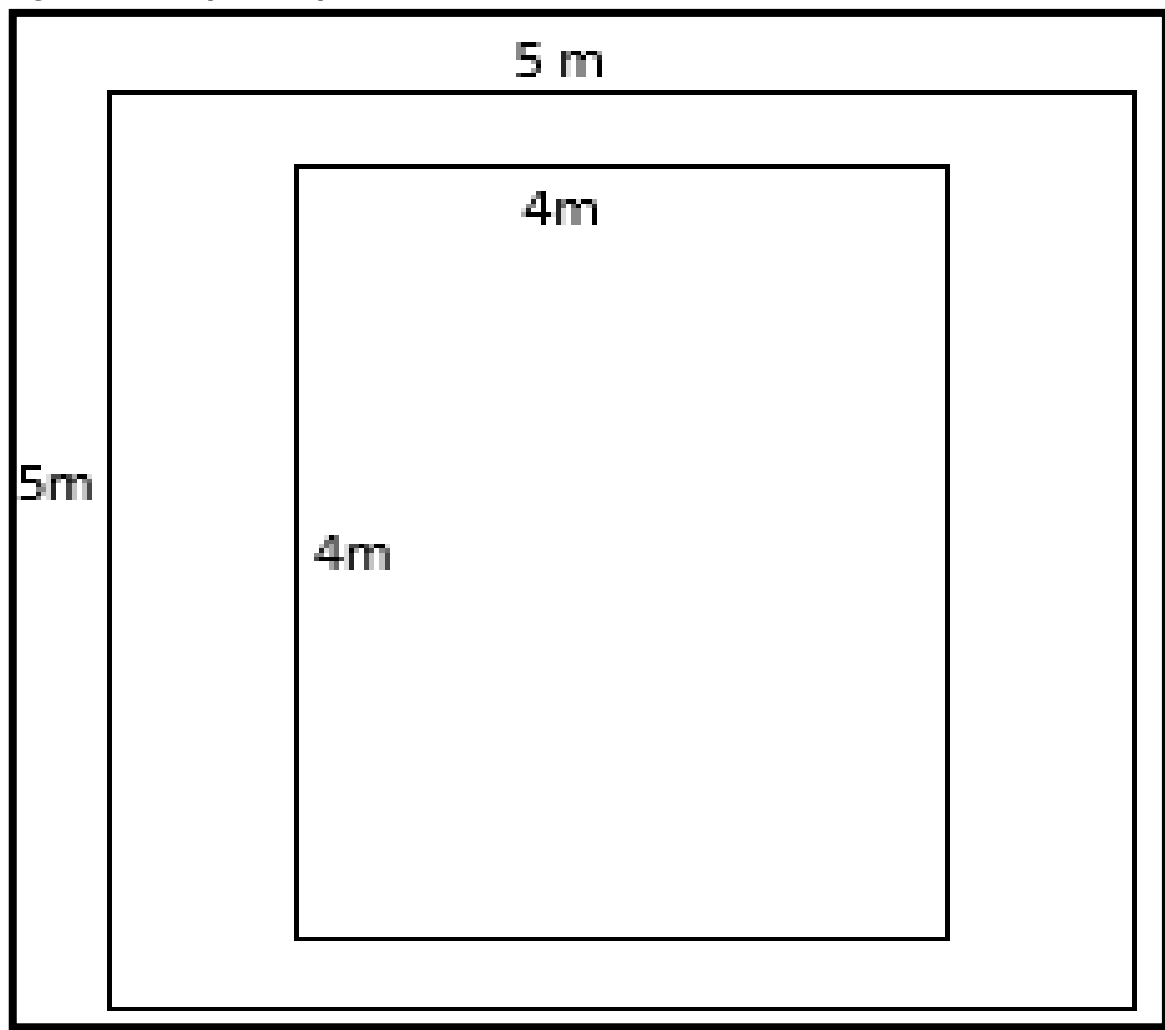
## ANEXOS

Figura 1 Ficha técnica de semilla utilizada



Fuente: (Advanta, 2021)

Figura 2. *Croquis de parcela*



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 3. *Croquis del estudio*

|           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> | <b>T4</b> |
| <b>T2</b> | <b>T3</b> | <b>T4</b> | <b>T5</b> |
| <b>T3</b> | <b>T4</b> | <b>T5</b> | <b>T6</b> |
| <b>T4</b> | <b>T5</b> | <b>T6</b> | <b>T7</b> |
| <b>T5</b> | <b>T6</b> | <b>T7</b> | <b>T8</b> |
| <b>T6</b> | <b>T7</b> | <b>T8</b> | <b>T9</b> |
| <b>T7</b> | <b>T8</b> | <b>T9</b> | <b>T1</b> |
| <b>T8</b> | <b>T9</b> | <b>T1</b> | <b>T2</b> |
| <b>T9</b> | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> |

Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 4. Preparación de terreno**



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 5. Siembra de semillas**



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 6. Delimitación de parcelas



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 7. Aplicación de tratamientos



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 8. Fertilización del cultivo**



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 9. Toma de datos en campo**



Elaborado por: El Autor, 2026

**Figura 10. Visita del tutor en campo**



Elaborado por: El Autor, 2026

## APÉNDICES

**Tabla 11. Datos de campo de altura de planta (cm) 50 días**

| Factor A | Factor B | I   | II  | III | IV  | Promedio |
|----------|----------|-----|-----|-----|-----|----------|
| A1       | B1       | 118 | 119 | 117 | 120 | 118,5    |
| A1       | B2       | 125 | 126 | 124 | 127 | 125,5    |
| A1       | B3       | 132 | 134 | 133 | 135 | 133,5    |
| A2       | B1       | 115 | 116 | 114 | 117 | 115,5    |
| A2       | B2       | 121 | 122 | 120 | 123 | 121,5    |
| A2       | B3       | 128 | 129 | 127 | 130 | 128,5    |
| A3       | B1       | 112 | 113 | 111 | 114 | 112,5    |
| A3       | B2       | 119 | 120 | 118 | 121 | 119,5    |
| A3       | B3       | 125 | 126 | 124 | 127 | 125,5    |
| Testigo  |          | 110 | 111 | 109 | 112 | 110,5    |

Elaborado por: El Autor, 2026

**Tabla 12. Análisis estadístico de altura de planta (cm) 50 días**  
**Altura de plantas (50 días)**

| Variable                     | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV   |
|------------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Altura de plantas (50 días.. | 40 | 1,00           | 1,00              | 1,06 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.               | SC      | gl | CM     | F       | p-valor |
|--------------------|---------|----|--------|---------|---------|
| Modelo             | 1398,22 | 8  | 174,78 | 104,87  | <0,0001 |
| FactorA            | 270,22  | 2  | 135,11 | 81,07   | <0,0001 |
| FactorB            | 1120,89 | 2  | 560,44 | 336,27  | <0,0001 |
| FactorA*FactorB    | 7,11    | 4  | 1,78   | 1,07    | 0,3922  |
| TestigoVsFactorial | 9,38    | 1  | 499,38 | 7490,67 | <0,0001 |
| Error              | 45,00   | 27 | 1,67   |         |         |
| Total              | 1443,22 | 35 |        |         |         |

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,07153**

Error: 1,6667 gl: 27

FactorA FactorB Medias n E.E.

|    |    |        |   |      |     |
|----|----|--------|---|------|-----|
| A1 | B3 | 133,50 | 4 | 0,65 | A   |
| A2 | B3 | 128,50 | 4 | 0,65 | B   |
| A1 | B2 | 125,50 | 4 | 0,65 | B   |
| A3 | B3 | 125,50 | 4 | 0,65 | B   |
| A2 | B2 | 121,50 | 4 | 0,65 | C   |
| A3 | B2 | 119,50 | 4 | 0,65 | C   |
| A1 | B1 | 118,50 | 4 | 0,65 | C D |
| A2 | B1 | 115,50 | 4 | 0,65 | D E |
| A3 | B1 | 112,50 | 4 | 0,65 | E   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Coefficientes de los contrastes**

Tratamientos Ct.1

|         |       |
|---------|-------|
| T1      | -0,11 |
| T2      | -0,11 |
| T3      | -0,11 |
| T4      | -0,11 |
| T5      | -0,11 |
| T6      | -0,11 |
| T7      | -0,11 |
| T8      | -0,11 |
| T9      | -0,11 |
| Testigo | 1,00  |

Elaborado por: El Autor, 2026

**Tabla 13. Datos de campo de altura de planta (cm) 80 días**

| Factor A | Factor B | I   | II  | III | IV  | Promedio |
|----------|----------|-----|-----|-----|-----|----------|
| A1       | B1       | 195 | 197 | 194 | 198 | 196,0    |
| A1       | B2       | 205 | 206 | 204 | 207 | 205,5    |
| A1       | B3       | 215 | 217 | 216 | 218 | 216,5    |
| A2       | B1       | 188 | 189 | 187 | 190 | 188,5    |
| A2       | B2       | 198 | 200 | 198 | 199 | 198,8    |
| A2       | B3       | 208 | 210 | 209 | 211 | 209,5    |
| A3       | B1       | 183 | 185 | 182 | 186 | 184,0    |
| A3       | B2       | 193 | 195 | 192 | 196 | 194,0    |
| A3       | B3       | 202 | 204 | 201 | 205 | 203,0    |
| Testigo  |          | 180 | 181 | 178 | 182 | 180,3    |

Elaborado por: El Autor, 2026

**Tabla 14. Análisis estadístico de altura de planta (cm) 80 días**  
**Altura de plantas (80 días)**

| Variable                     | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV   |
|------------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Altura de plantas (80 días.. | 40 | 1,00           | 1,00              | 0,76 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.               | SC      | gl | CM      | F       | p-valor |
|--------------------|---------|----|---------|---------|---------|
| Modelo             | 3366,22 | 8  | 420,78  | 181,05  | <0,0001 |
| FactorA            | 919,39  | 2  | 459,69  | 197,80  | <0,0001 |
| FactorB            | 2440,39 | 2  | 1220,19 | 525,02  | <0,0001 |
| FactorA*FactorB    | 6,44    | 4  | 1,61    | 0,69    | 0,6031  |
| TestigoVsFactorial | 7,88    | 1  | 1337,88 | 4058,73 | <0,0001 |
| Error              | 62,75   | 27 | 2,32    |         |         |
| Total              | 3428,97 | 35 |         |         |         |

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,62707**

Error: 2,3241 gl: 27

| FactorA | FactorB | Medias | n | E.E. |   |
|---------|---------|--------|---|------|---|
| A1      | B3      | 216,50 | 4 | 0,76 | A |
| A2      | B3      | 209,50 | 4 | 0,76 | B |
| A1      | B2      | 205,50 | 4 | 0,76 | C |
| A3      | B3      | 203,00 | 4 | 0,76 | C |
| A2      | B2      | 198,75 | 4 | 0,76 | D |

|    |    |        |   |      |   |   |
|----|----|--------|---|------|---|---|
| A1 | B1 | 196,00 | 4 | 0,76 | D | E |
| A3 | B2 | 194,00 | 4 | 0,76 |   | E |
| A2 | B1 | 188,50 | 4 | 0,76 |   | F |
| A3 | B1 | 184,00 | 4 | 0,76 |   | G |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Coeficientes de los contrastes

Tratamientos Ct.1

|         |       |
|---------|-------|
| T1      | -0,11 |
| T2      | -0,11 |
| T3      | -0,11 |
| T4      | -0,11 |
| T5      | -0,11 |
| T6      | -0,11 |
| T7      | -0,11 |
| T8      | -0,11 |
| T9      | -0,11 |
| Testigo | 1,00  |

Elaborado por: El Autor, 2026

**Tabla 15. Datos de campo de longitud de mazorcas (cm)**

| Factor A | Factor B | I    | II   | III  | IV   | Promedio |
|----------|----------|------|------|------|------|----------|
| A1       | B1       | 2,10 | 2,11 | 2,09 | 2,12 | 2,11     |
| A1       | B2       | 2,20 | 2,21 | 2,19 | 2,22 | 2,21     |
| A1       | B3       | 2,30 | 2,32 | 2,29 | 2,33 | 2,31     |
| A2       | B1       | 1,95 | 1,96 | 1,94 | 1,97 | 1,96     |
| A2       | B2       | 2,05 | 2,06 | 2,04 | 2,07 | 2,06     |
| A2       | B3       | 2,15 | 2,16 | 2,14 | 2,17 | 2,16     |
| A3       | B1       | 1,90 | 1,91 | 1,89 | 1,92 | 1,91     |
| A3       | B2       | 2,00 | 2,01 | 1,99 | 2,02 | 2,01     |
| A3       | B3       | 2,10 | 2,11 | 2,09 | 2,12 | 2,11     |
| Testigo  |          | 1,75 | 1,76 | 1,74 | 1,77 | 1,76     |

Elaborado por: El Autor, 2026

**Tabla 16. Análisis estadístico de longitud de mazorcas (cm)**

#### Diámetro del tallo (cm)

| Variable                | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV   |
|-------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Diámetro del tallo (cm) | 40 | 1,00           | 1,00              | 0,65 |

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.               | SC      | gl | CM      | F         | p-valor |
|--------------------|---------|----|---------|-----------|---------|
| Modelo             | 0,51    | 8  | 0,06    | 343,41    | <0,0001 |
| FactorA            | 0,26    | 2  | 0,13    | 714,66    | <0,0001 |
| FactorB            | 0,24    | 2  | 0,12    | 658,86    | <0,0001 |
| FactorA*FactorB    | 4,4E-05 | 4  | 1,1E-05 | 0,06      | 0,9929  |
| TestigoVsFactorial | 0,40    | 1  | 0,40    | 120400,33 | <0,0001 |
| Error              | 0,01    | 27 | 1,9E-04 |           |         |
| Total              | 0,51    | 35 |         |           |         |

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03238**

Error: 0,0002 gl: 27

| FactorA | FactorB | Medias | n | E.E. |   |
|---------|---------|--------|---|------|---|
| A1      | B3      | 2,31   | 4 | 0,01 | A |
| A1      | B2      | 2,21   | 4 | 0,01 | B |
| A2      | B3      | 2,16   | 4 | 0,01 | C |
| A3      | B3      | 2,11   | 4 | 0,01 | D |
| A1      | B1      | 2,11   | 4 | 0,01 | D |
| A2      | B2      | 2,06   | 4 | 0,01 | E |
| A3      | B2      | 2,01   | 4 | 0,01 | F |
| A2      | B1      | 1,96   | 4 | 0,01 | G |
| A3      | B1      | 1,91   | 4 | 0,01 | H |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Coefficientes de los contrastes

| Tratamientos | Ct.1  |
|--------------|-------|
| T1           | -0,11 |
| T2           | -0,11 |
| T3           | -0,11 |
| T4           | -0,11 |
| T5           | -0,11 |
| T6           | -0,11 |
| T7           | -0,11 |
| T8           | -0,11 |
| T9           | -0,11 |
| Testigo      | 1,00  |

Elaborado por: El Autor, 2026

**Tabla 17. Datos de campo de longitud de mazorcas (cm)**

| Factor A | Factor B | I    | II   | III  | IV   | Promedio |
|----------|----------|------|------|------|------|----------|
| A1       | B1       | 15,5 | 15,6 | 15,4 | 15,7 | 15,55    |
| A1       | B2       | 16,4 | 16,5 | 16,3 | 16,6 | 16,45    |
| A1       | B3       | 17,2 | 17,3 | 17,1 | 17,4 | 17,25    |
| A2       | B1       | 14,8 | 14,9 | 14,7 | 15   | 14,85    |
| A2       | B2       | 15,6 | 15,7 | 15,5 | 15,8 | 15,65    |
| A2       | B3       | 16,5 | 16,6 | 16,4 | 16,7 | 16,55    |
| A3       | B1       | 14,3 | 14,4 | 14,2 | 14,5 | 14,35    |
| A3       | B2       | 15,2 | 15,3 | 15,1 | 15,4 | 15,25    |
| A3       | B3       | 16   | 16,1 | 15,9 | 16,2 | 16,05    |
| Testigo  |          | 13,5 | 13,6 | 13,4 | 13,7 | 13,55    |

Elaborado por: El Autor, 2026

**Tabla 18. Análisis estadístico de longitud de mazorcas (cm)**  
**Longitud de mazorcas (cm)**

| Variable                  | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV   |
|---------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Longitud de mazorcas (cm) | 40 | 1,00           | 1,00              | 0,82 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.               | SC    | gl | CM      | F      | p-valor |
|--------------------|-------|----|---------|--------|---------|
| Modelo             | 26,14 | 8  | 3,27    | 196,07 | <0,0001 |
| FactorA            | 8,78  | 2  | 4,39    | 263,47 | <0,0001 |
| FactorB            | 17,34 | 2  | 8,67    | 520,27 | <0,0001 |
| FactorA*FactorB    | 0,02  | 4  | 4,4E-03 | 0,27   | 0,8968  |
| TestigoVsFactorial | 17,78 | 1  | 17,78   | 0,10   | <0,0001 |
| Error              | 0,45  | 27 | 0,02    |        |         |
| Total              | 26,59 | 35 |         |        |         |

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,30715**

Error: 0,0167 gl: 27

| FactorA | FactorB | Medias | n | E.E. |     |
|---------|---------|--------|---|------|-----|
| A1      | B3      | 17,25  | 4 | 0,06 | A   |
| A2      | B3      | 16,55  | 4 | 0,06 | B   |
| A1      | B2      | 16,45  | 4 | 0,06 | B   |
| A3      | B3      | 16,05  | 4 | 0,06 | C   |
| A2      | B2      | 15,65  | 4 | 0,06 | D   |
| A1      | B1      | 15,55  | 4 | 0,06 | D E |
| A3      | B2      | 15,25  | 4 | 0,06 | E   |
| A2      | B1      | 14,85  | 4 | 0,06 | F   |
| A3      | B1      | 14,35  | 4 | 0,06 | G   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Coefficientes de los contrastes**

| Tratamientos | Ct.1  |
|--------------|-------|
| T1           | -0,11 |
| T2           | -0,11 |
| T3           | -0,11 |
| T4           | -0,11 |
| T5           | -0,11 |
| T6           | -0,11 |
| T7           | -0,11 |
| T8           | -0,11 |
| T9           | -0,11 |
| Testigo      | 1,00  |

Elaborado por: El Autor, 2026

**Tabla 19. Datos de campo del número de granos/mazorcas**

| Factor A | Factor B | I   | II  | III | IV  | Promedio |
|----------|----------|-----|-----|-----|-----|----------|
| A1       | B1       | 330 | 362 | 332 | 333 | 339      |
| A1       | B2       | 360 | 392 | 359 | 364 | 369      |
| A1       | B3       | 390 | 312 | 389 | 394 | 371      |
| A2       | B1       | 310 | 337 | 309 | 313 | 317      |
| A2       | B2       | 335 | 367 | 334 | 338 | 344      |
| A2       | B3       | 365 | 292 | 364 | 368 | 347      |
| A3       | B1       | 290 | 317 | 289 | 293 | 297      |
| A3       | B2       | 315 | 347 | 314 | 318 | 324      |
| A3       | B3       | 345 | 257 | 344 | 348 | 324      |
| Testigo  |          | 255 | 329 | 254 | 258 | 274      |

Elaborado por: El Autor, 2026

**Tabla 20. Análisis estadístico del número de granos/mazorcas**

#Granos/mazorca

| Variable        | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV   |
|-----------------|----|----------------|-------------------|------|
| #Granos/mazorca | 40 | 0,59           | 0,41              | 8,75 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.               | SC       | gl | CM      | F     | p-valor |
|--------------------|----------|----|---------|-------|---------|
| Modelo             | 18671,50 | 8  | 2333,94 | 3,38  | 0,0082  |
| FactorA            | 12162,50 | 2  | 6081,25 | 8,80  | 0,0011  |
| FactorB            | 6467,17  | 2  | 3233,58 | 4,68  | 0,0180  |
| FactorA*FactorB    | 41,83    | 4  | 10,46   | 0,02  | 0,9995  |
| TestigoVsFactorial | 12,90    | 1  | 1212,90 | 16,98 | 0,0003  |
| Error              | 18655,50 | 27 | 690,94  |       |         |
| Total              | 37327,00 | 35 |         |       |         |

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=62,53923**

Error: 690,9444 gl: 27

| FactorA | FactorB | Medias | n | E.E.      |
|---------|---------|--------|---|-----------|
| A1      | B3      | 371,25 | 4 | 13,14 A   |
| A1      | B2      | 368,75 | 4 | 13,14 A   |
| A2      | B3      | 347,25 | 4 | 13,14 A B |
| A2      | B2      | 343,50 | 4 | 13,14 A B |
| A1      | B1      | 339,25 | 4 | 13,14 A B |
| A3      | B2      | 323,50 | 4 | 13,14 A B |
| A3      | B3      | 323,50 | 4 | 13,14 A B |
| A2      | B1      | 317,25 | 4 | 13,14 A B |
| A3      | B1      | 297,25 | 4 | 13,14 B   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Coefficientes de los contrastes**

Tratamientos Ct.1

|         |       |
|---------|-------|
| T1      | -0,11 |
| T2      | -0,11 |
| T3      | -0,11 |
| T4      | -0,11 |
| T5      | -0,11 |
| T6      | -0,11 |
| T7      | -0,11 |
| T8      | -0,11 |
| T9      | -0,11 |
| Testigo | 1,00  |

Elaborado por: El Autor, 2026

**Tabla 21. Análisis estadístico del rendimiento de maíz**  
**Rendimiento kg/ha**

| Variable          | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV   |
|-------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Rendimiento kg/ha | 40 | 1,00           | 1,00              | 0,67 |

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

| F.V.               | SC         | gl | CM         | F         | p-valor |
|--------------------|------------|----|------------|-----------|---------|
| Modelo             | 4561763,89 | 8  | 570220,49  | 724,52    | <0,0001 |
| FactorA            | 1444155,56 | 2  | 722077,78  | 917,46    | <0,0001 |
| FactorB            | 3112005,56 | 2  | 1556002,78 | 1977,04   | <0,0001 |
| FactorA*FactorB    | 5602,78    | 4  | 1400,69    | 1,78      | 0,1621  |
| TestigoVsFactorial | 2536,74    | 1  | 32536,74   | 109217,69 | <0,0001 |
| Error              | 21250,00   | 27 | 787,04     |           |         |
| Total              | 4583013,89 | 35 |            |           |         |

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=66,74651**

Error: 787,0370 gl: 27

FactorA FactorB Medias n E.E.

|    |    |         |   |       |   |
|----|----|---------|---|-------|---|
| A1 | B3 | 4815,00 | 4 | 14,03 | A |
| A2 | B3 | 4510,00 | 4 | 14,03 | B |
| A1 | B2 | 4466,25 | 4 | 14,03 | B |
| A3 | B3 | 4305,00 | 4 | 14,03 | C |
| A2 | B2 | 4163,75 | 4 | 14,03 | D |
| A1 | B1 | 4056,25 | 4 | 14,03 | E |
| A3 | B2 | 3962,50 | 4 | 14,03 | F |
| A2 | B1 | 3808,75 | 4 | 14,03 | G |
| A3 | B1 | 3605,00 | 4 | 14,03 | H |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Coefficientes de los contrastes**

Tratamientos Ct.1

|         |       |
|---------|-------|
| T1      | -0,11 |
| T2      | -0,11 |
| T3      | -0,11 |
| T4      | -0,11 |
| T5      | -0,11 |
| T6      | -0,11 |
| T7      | -0,11 |
| T8      | -0,11 |
| T9      | -0,11 |
| Testigo | 1,00  |

Elaborado por: El Autor, 2026