



Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Agronomía

**Evaluación de la productividad de maíz (*Zea mays* L.) INIAP 103 – Mishqui
Sara con diferentes tipos de fertilización en la Estación Experimental del
Austro**

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Agrónomo

Autor:

Martin Leonidas Cuesta Robles

Director:

Fernando Gerardo Bermúdez

ORCID:  0000-0002-6998-8083

Cuenca, Ecuador

2024-09-26

Resumen

El manejo de la capacidad productiva del suelo requiere integrar nuevas prácticas de nutrición vegetal desde el estricto punto de vista agronómico. El objetivo del trabajo investigativo fue comparar el manejo de diferentes tipos de fertilizantes de origen orgánico y químico empleado en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) INIAP 103 Mishqui Sara, maíz suave de polinización abierta, que es una opción interesante dentro de los cultivos que los productores de agricultura familiar que utilizan para su sustento y para la generación de ingresos a su economía; se propuso determinar las diferencias dadas en el desarrollo morfológico de este cultivo y distinguir la mejor nutrición que permita obtener mayores niveles de productividad y que a su vez establecerá la relación costo-beneficio de los tratamientos establecidos. Para el desarrollo de esta investigación se empleó un modelo de bloques completamente al azar con cinco tratamientos. Los tipos de fertilizantes utilizados fueron: fertilización química al 100%, orgánica al 100%, mixta y un tratamiento testigo al cual no se le aplicó ningún fertilizante. En la presente investigación no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento entre los tratamientos, aunque el tratamiento recomendado por el INIAP mostró un ligero incremento. El nitrógeno y el fósforo son cruciales para el desarrollo del maíz. Se destacó la necesidad de ajustar los análisis de suelo a las variedades locales y mejorar el acceso a estos servicios para los agricultores. La fertilización con nitrógeno mejoró la absorción de luz y la biomasa. Los tratamientos completos dieron mejores resultados en la altura de inserción de la mazorca, pero la cantidad de mazorcas y la materia seca fueron similares. La incidencia de acame varió según la altura de la planta y la aplicación de fertilizantes orgánicos en el suelo.

Palabras clave del autor: nutrición vegetal, orgánico, químico, productividad



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

Soil productivity management requires integrating new plant nutrition practices from a strictly agronomic perspective. The objective of the research was to compare the management of different types of organic and chemical fertilizers used in the cultivation of INIAP 103 maize (*Zea mays* L), an open-pollinated soft maize variety. This variety is an interesting option for family farmers, providing both sustenance and income. The study aimed to determine the differences in morphological development of this crop and identify the best nutrition strategy to achieve higher productivity levels, while also establishing the cost-benefit relationship of the treatments used. The methodology employed a completely randomized block design with five treatments: 100% chemical fertilization, 100% organic fertilization, a mixed approach, and a control treatment with no fertilization. The studied and evaluated variables aimed to identify the treatment that best responds to different types and doses of fertilization to achieve the highest productivity level, and through economic analysis, reflect the treatment with the best cost-benefit ratio. The study compared the use of organic and chemical fertilizers in INIAP 103 maize. No significant differences in yield were found between the treatments, although the recommended treatment showed a slight increase. Nitrogen and phosphorus are crucial for maize development. The need to adjust soil analyses to local varieties and improve access to these services for farmers was highlighted. Nitrogen fertilization improved light absorption and biomass accumulation. Complete fertilization treatments gave better results in cob insertion height, but the number of cobs and dry matter were similar. Lodging incidence varied according to plant height and soil quality.

Author Keywords: plant nutrition, organic, chemical, productivity



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Indice de contenido

Resumen.....	2
Abstract.....	3
Indice de contenido.....	4
Indice de figuras.....	6
Indice de tablas.....	7
Indice de anexos.....	8
Agradecimiento.....	10
Dedicatoria.....	11
Introducción.....	12
1. Objetivos.....	14
1.1 Objetivo General.....	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2. Revisión bibliográfica.....	15
2.1 Generalidades del cultivo de maíz. (Zea mays L.).....	15
2.2 Características de las plantas.....	16
2.2.1 Taxonomía.....	16
2.2.2 Morfología.....	17
2.3 Composición nutricional.....	19
2.4 Aspectos fisiológicos.....	19
2.5 Crecimiento y desarrollo.....	19
2.5.1 Fase vegetativa.....	20
2.5.2 Fase reproductiva.....	21
2.6 Requerimientos Edafoclimáticos.....	23
2.7 Requerimientos nutricionales del cultivo.....	24
2.8 Nutrición.	25
2.8.1 Biofertilizante.....	25
2.8.2 Fertilizantes químicos	27
2.9 Maíz suave de polinización abierta en Ecuador.....	29
2.10 Sistemas de producción de maíz de polinización abierta en la Sierra.....	30
2.11 Fertilidad y fertilización de los suelos cultivados con maíz suave.....	31
3. Materiales y métodos.....	32
3.1 Ubicación del experimento.....	32
3.1.1 Características del sitio experimental	
El ensayo, se realizó en las instalaciones de la Estación Experimental del Austro	
(Tabla 5 y 6).....	32
Tabla 5. Ubicación geográfica de la localidad.....	32
3.2 Materiales.....	33
3.2.1. Materiales de campo.....	33
3.3 Factores de estudio.....	33
3.3.1 Tratamiento.....	34
Tabla 7. Tipos de Fertilización.....	34
3.3.2 Unidad Experimental.....	34

3.3.3. Diseño experimental.....	35
3.3.4 Análisis de resultados.....	36
3.4 Variables para registrar y métodos de evaluación.....	36
3.5 Manejo del ensayo.....	38
3.6 Metodología para el primer objetivo.....	42
3.7 Metodología para los objetivos específicos.....	43
4. Resultados y discusión.....	45
4.1 Rendimiento t/h.....	45
4.2 Parámetros agronómicos.....	48
4.3 Costos de Producción.....	56
5. Conclusiones.....	58
6. Recomendaciones.....	59
7. Referencias.....	60
8. Anexos.....	68

Indice de figuras

Resumen.....	2
Abstract.....	3
Indice de contenido.....	4
Indice de figuras.....	6
Indice de tablas.....	7
Indice de anexos.....	8
Agradecimiento.....	10
Dedicatoria.....	11
Introducción.....	12
1. Objetivos.....	14
1.1 Objetivo General.....	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2. Revisión bibliográfica.....	15
2.1 Generalidades del cultivo de maíz. (Zea mays L.).....	15
2.2 Características de las plantas.....	16
2.2.1 Taxonomía.....	16
2.2.2 Morfología.....	17
2.3 Composición nutricional.....	19
2.4 Aspectos fisiológicos.....	19
2.5 Crecimiento y desarrollo.....	19
2.5.1 Fase vegetativa.....	20
2.5.2 Fase reproductiva.....	21
2.6 Requerimientos Edafoclimáticos.....	23
2.7 Requerimientos nutricionales del cultivo.....	24
2.8 Nutrición.	25
2.8.1 Biofertilizante.....	25
2.8.2 Fertilizantes químicos	27
2.9 Maíz suave de polinización abierta en Ecuador.....	29
2.10 Sistemas de producción de maíz de polinización abierta en la Sierra.....	30
2.11 Fertilidad y fertilización de los suelos cultivados con maíz suave.....	31
3. Materiales y métodos.....	32
3.1 Ubicación del experimento.....	32
3.1.1 Características del sitio experimental	
El ensayo, se realizó en las instalaciones de la Estación Experimental del Austro	
(Tabla 5 y 6).....	32
Tabla 5. Ubicación geográfica de la localidad.....	32
3.2 Materiales.....	33
3.2.1. Materiales de campo.....	33
3.3 Factores de estudio.....	33
3.3.1 Tratamiento.....	34
Tabla 7. Tipos de Fertilización.....	34

3.3.2 Unidad Experimental.....	34
3.3.3. Diseño experimental.....	35
3.3.4 Análisis de resultados.....	36
3.4 Variables para registrar y métodos de evaluación.....	36
3.5 Manejo del ensayo.....	38
3.6 Metodología para el primer objetivo.....	42
3.7 Metodología para los objetivos específicos.....	43
4. Resultados y discusión.....	45
4.1 Rendimiento t/h.....	45
4.2 Parámetros agronómicos.....	48
4.3 Costos de Producción.....	56
5. Conclusiones.....	58
6. Recomendaciones.....	59
7. Referencias.....	60
8. Anexos.....	68

Indice de tablas

Resumen.....	2
Abstract.....	3
Indice de contenido.....	4
Indice de figuras.....	6
Indice de tablas.....	8
Indice de anexos.....	9
Agradecimiento.....	11
Dedicatoria.....	12
Introducción.....	13
1. Objetivos.....	15
1.1 Objetivo General.....	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. Revisión bibliográfica.....	16
2.1 Generalidades del cultivo de maíz. (Zea mays L.).....	16
2.2 Características de las plantas.....	17
2.2.1 Taxonomía.....	17
2.2.2 Morfología.....	18
2.3 Composición nutricional.....	20
2.4 Aspectos fisiológicos.....	20
2.5 Crecimiento y desarrollo.....	21
2.5.1 Fase vegetativa.....	21
2.5.2 Fase reproductiva.....	22
2.6 Requerimientos Edafoclimáticos.....	25
2.7 Requerimientos nutricionales del cultivo.....	26
2.8 Nutrición.	27
2.8.1 Biofertilizante.....	27
2.8.2 Fertilizantes químicos	29
2.9 Maíz suave de polinización abierta en Ecuador.....	31
2.10 Sistemas de producción de maíz de polinización abierta en la Sierra.....	32
2.11 Fertilidad y fertilización de los suelos cultivados con maíz suave.....	33
3. Materiales y métodos.....	34
3.1 Ubicación del experimento.....	34
3.1.1 Características del sitio experimental	
El ensayo, se realizó en las instalaciones de la Estación Experimental del Austro	
(Tabla 5 y 6).....	34
Tabla 5. Ubicación geográfica de la localidad.....	34
3.2 Materiales.....	35
3.2.1. Materiales de campo.....	35
3.3 Factores de estudio.....	35
3.3.1 Tratamiento.....	36
Tabla 7. Tipos de Fertilización.....	36
3.3.2 Unidad Experimental.....	36

3.3.3. Diseño experimental.....	37
3.3.4 Análisis de resultados.....	38
3.4 Variables para registrar y métodos de evaluación.....	38
3.5 Manejo del ensayo.....	40
3.6 Metodología para el primer objetivo.....	44
3.7 Metodología para los objetivos específicos.....	45
4. Resultados y discusión.....	47
4.1 Rendimiento t/h.....	47
4.2 Parámetros agronómicos.....	50
4.3 Costos de Producción.....	58
5. Conclusiones.....	60
6. Recomendaciones.....	61
7. Referencias.....	62
8. Anexos.....	70

Indice de anexos

Anexo A. Análisis estadístico variable Altura.....	1
Anexo B. Análisis estadístico variable altura inserción de mazorca.....	2
Anexo C. Análisis estadístico variable de mazorcas cosechadas.....	2
Anexo D. Análisis estadístico variable mazorcas podridas.....	3
Anexo E. Análisis estadístico variable acame de raíz y tallo.....	4
Anexo F. Prueba de normalidad variable (Rendimiento).....	5
Anexo G. Análisis de la varianza (Rendimiento).....	5
Anexo H. Test de Tukey Tratamiento (Rendimiento).....	5
Anexo I. Tipo de análisis por variable.....	6
Anexo J. Análisis de la varianza (ALT. PLANTA).....	6
Anexo K. Test de Tukey Tratamiento (ALT. PLANTA).....	6
Anexo L. Test de Tukey Repetición (ALT. PLANTA).....	6
Anexo M. Análisis de la varianza (ALT.INSERCIÓN DE MAZORCA).....	7
Anexo N. Test de Tukey Tratamiento (ALT. INSERCIÓN DE MAZORCA).....	7
Anexo O. Prueba de Kruskal Wallis.....	7
Anexo P. Prueba de Kruskal Wallis.....	7
Anexo Q. Prueba de Kruskal Wallis.....	8
Anexo R. Análisis de la varianza (MAZORCAS COSECHADAS).....	8
Anexo S. Test de Tukey Tratamiento (MAZORCAS COSECHADAS).....	8
Anexo T. Análisis de la varianza (MAZORCAS PODRIDAS).....	8
Anexo U. Test de Tukey Tratamiento (MAZORCAS PODRIDAS).....	8
Anexo V. Costos de producción Tratamiento 1.	9
Anexo W. Costos de producción Tratamiento 2.	10
Anexo X. Costos de producción Tratamiento 3	11
Anexo Y. Costos de producción Tratamiento 4	12
Anexo Z. Costos de producción Tratamiento 5	13
Anexo AA. Muestreo de suelo.....	14
Anexo AB. Muestras para Análisis de suelo.	15
Anexo AC. Selección de semilla (Iniap 103).....	16
Anexo AD. Delimitación del terreno.....	16

Anexo AE. Trazado del terreno.	16
Anexo AF. Clasificación de semilla para siembra.	17
Anexo AG. Siembra de maíz.	17
Anexo AH. Fertilización junto con la siembra.	18
Anexo AI. Fertilizante 10-30-10.....	18
Anexo AJ. Tapado de la semilla.....	19
Anexo AK. Implementación del sistema de riego.....	19
Anexo AL. Emergencia del maíz.....	20
Anexo AM. Emergencia del cultivo.	20
Anexo AN. Labores culturales.	21
Anexo AO. Control de malezas.	21
Anexo AP. Implementación de Letreros para identificación de cada tratamiento.	22
Anexo AQ. Tratamiento 2.....	23
Anexo AR Aplicación de riego por aspersión.	23
Anexo AS. Tratamiento 3.....	23
Anexo AT. Tratamiento testigo.	24
Anexo AU. Tratamiento 5.....	24
Anexo AV. Tratamiento 1.....	25
Anexo AW. Etapa vegetativa.	25
Anexo AX. Etapa reproductiva.	26
Anexo AY. Tratamiento 3 cerca de la cosecha.	26
Anexo AZ. Cultivo de maíz para grano seco.	27
Anexo BA. Control cultural (cucuruchos).....	28
Anexo BB. Implementación de cucuruchos en todo el ensayo para prevención de aves.	28
Anexo BC. Análisis de suelo.	30
Anexo BD. Análisis de suelo p.2.....	31
Anexo BE. Link Base de datos.....	31

Agradecimiento

"Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad de Cuenca, por su compromiso con la excelencia académica y por proporcionarme un entorno propicio para mi formación profesional. Al Ingeniero Fernando Bermúdez, mi respetado tutor de tesis, por su orientación experta, paciencia infinita y dedicación incansable. Su guía fue fundamental en cada fase de este proyecto, y su compromiso con mi desarrollo académico ha dejado una huella indeleble en mi formación profesional. Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de la Estación Experimental del Austro, y en particular al Ingeniero Rafael Muñoz Tenelema quien desempeñó el cargo de codirector, por su generoso apoyo, acceso a recursos y asesoramiento técnico invaluable. El respaldo del INIAP fue crucial para llevar a cabo las investigaciones que sustentan este trabajo. Además, quiero reconocer especialmente al INIAP de la Estación Experimental del Austro, cuya colaboración activa y apoyo logístico fueron pilares esenciales para la realización de este estudio. Su compromiso con la investigación y la innovación en el ámbito agropecuario proporcionó el marco necesario para desarrollar las metodologías y análisis que sustentan las conclusiones de este trabajo. Este logro no habría sido posible sin el apoyo incondicional de todas estas personas e instituciones. A cada uno de ustedes, mi más sincero agradecimiento por su invaluable colaboración y por ser parte fundamental de esta etapa crucial en mi carrera académica y profesional."

Dedicatoria

"A mi querida madre, cuyo amor y guía han dejado una huella imborrable en mi corazón. Aunque tu ausencia física duele, tu espíritu y tus enseñanzas continúan iluminando mi camino. Esta tesis es un tributo a tu memoria y al legado de fuerza y perseverancia que me has transmitido.

A mi amada esposa, mi compañera inseparable en esta travesía, tu apoyo constante y tu amor incondicional han sido mi mayor bendición. Gracias por estar a mi lado en cada etapa de este viaje, por creer en mí cuando dudé y por inspirarme a ser mejor cada día.

Y a mi querida hija, mi motivo supremo, has sido mi mayor motivación para perseguir este sueño. Cada logro alcanzado lleva tu nombre, y espero que esta tesis sea un ejemplo para ti de que con dedicación y amor todo es posible.

Con profundo cariño y gratitud, Martin "

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) conocido como uno de los cultivos más antiguos y fundamentales en la agricultura a nivel mundial, ha desempeñado un papel vital en las sociedades de todo el mundo. Su importancia trasciende lo puramente alimentario, abarcando aspectos culturales, económicos, ambientales y sociales. Su versatilidad, valor nutricional y su capacidad para adaptarse a distintos ecosistemas lo convierten en un pilar de la seguridad alimentaria global. Alban, (2023) Desde las antiguas civilizaciones precolombinas hasta la actualidad, el maíz ha sido la base de la alimentación de las poblaciones indígenas y mestizas en el Ecuador, este cultivo ha sido clave en la economía agrícola del país, contribuyendo significativamente a la seguridad alimentaria y la identidad cultural de sus habitantes. Pinto y Abad, (2017)

Según datos del INEC, (2023), en Ecuador, la superficie sembrada de maíz en 2023 alcanzó 355,352 hectáreas. De este total, el 37% fue dedicado al maíz duro seco, el 2% al maíz suave, y el 61% al maíz duro, incluyendo otras variedades no especificadas. La producción total de maíz fue de 1,464.978 toneladas, lo que representa un decrecimiento del 11,4% en el caso del maíz duro en comparación con 2022, mientras que no hubo cambios en la producción de maíz suave. Velásquez, (2021) La evolución del cultivo del maíz en el Ecuador en los últimos años muestra que existen profundas diferencias entre los dos tipos utilizados: maíz duro y maíz suave. Mientras el maíz duro seco se emplea mayormente para fines industriales, lo que impulsa su aumento en área cultivada, producción y rendimiento, por el contrario, el maíz suave destinado básicamente al consumo alimentario familiar tiende a bajar en tres aspectos: superficie, producción y rendimientos. Esta es una característica de los granos básicos que se cultivan en la Sierra.

En la región de la Sierra en Ecuador, el cultivo de maíz suave, conocido como maíz de altura, está principalmente destinado a la alimentación humana. Basantes, (2015) Este cultivo representa el pilar central en torno al cual se estructuran los sistemas de producción de los pequeños y medianos agricultores de la zona andina, que se encuentran a altitudes entre 2,000 y 3,000 m s.n.m., debido a que se trata de un cultivo de gran importancia económica y social. En el año 2023, se sembraron un total de 45,532 hectáreas entre maíz seco y choclo en la región. La producción alcanzó un total de 40,053 toneladas métricas para maíz suave-choclo y 33,833 toneladas métricas para maíz seco INEC, (2023).

Es cierto que la problemática en torno a la producción y productividad del maíz ha ido en aumento en los últimos años. Factores como la pérdida de fertilidad del suelo, el uso de variedades nativas con erosión genética y semillas de mala calidad han contribuido a esta situación. Se ha demostrado que los rendimientos pueden aumentar significativamente con el uso adecuado de la tipología de fertilizantes Boada y Espinosa, (2016). Es importante cuidar la calidad del suelo y la elección de semillas para mejorar la productividad en la producción de maíz. La nutrición del cultivo de maíz es la práctica agronómica que aporta nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas y rendimiento, ya que los suelos donde se cultiva perdieron su fertilidad. García y et al, (2011)

La entrega de la variedad INIAP-103 Mishqui Sara en el 2006 a los productores de maíz en el sur del país por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el programa de maíz de la Estación Experimental del Austro, donde esta destaca por su adaptabilidad a diversas altitudes se ha convertido actualmente en la variedad de maíz más utilizada en la zona austral, gracias a su rendimiento óptimo en altitudes que oscilan entre 1,700 y 2,650 m s.n.m. Este logro prometió potenciar la calidad y producción de maíz en la región, consolidando su relevancia en la agricultura local. Moreno y Pintado, (2013)

De ahí que, es muy importante este tema de investigación, ya que permitió conocer el comportamiento del cultivo de maíz en relación con el empleo de diversas fuentes de nutrientes, con la finalidad de mejorar los rendimientos. Al comprender mejor la fertilización del cultivo de maíz, los agricultores pueden optimizar sus prácticas y en última instancia, incrementar su productividad. Es conocida la alta demanda de maíz suave en diversas provincias de la Sierra ecuatoriana, no obstante, una de las principales limitantes del cultivo es su bajo rendimiento, con alrededor de 3,68 toneladas por hectárea de choclo y 1,63 toneladas por hectárea de grano seco Velásquez, (2021) por lo tanto es importante aumentar la productividad del cultivo ya que podría generar beneficios económicos directos para los productores. Sin embargo, es crucial señalar que la reducción de la pobreza rural depende de muchas otras variables, y no puede atribuirse únicamente al aumento en la productividad agrícola. En este sentido, implementar prácticas de manejo mejoradas, como una fertilización adecuada, será clave para transformar la agricultura, en general. Yáñez y et al, (2013)

1. Objetivos

1.1 Objetivo General.

“Evaluar la productividad de maíz (*Zea mays L.*) INIAP 103 – Mishqui Sara con diferentes tipos de fertilización en la Estación Experimental del Austro.”

1.2 Objetivos Específicos

- Evaluar los parámetros agronómicos del maíz (*Zea mays L.*) INIAP 103 – Mishqui Sara con diferentes tipos de fertilización.
- Analizar la productividad y costos de producción del cultivo en función de los tipos de fertilización.

2. Revisión bibliográfica

2.1 Generalidades del cultivo de maíz. (*Zea mays* L.).

La distribución de los diferentes tipos de maíz en las provincias de la Sierra en Ecuador está influenciada por las preferencias y tradiciones de los agricultores locales. Basantes, (2015) En la Sierra norte, como en Carchi, Imbabura y Pichincha, se cultiva principalmente maíz con granos de tipo amarillo harinoso. En la parte central, que abarca Tungurahua, Chimborazo y Bolívar, se prefieren los maíces de grano blanco harinoso. Por otro lado, en la Sierra Sur, específicamente en Cañar y Azuay, se encuentra el maíz denominado "Zhima", caracterizado por tener grano blanco dentado o amorochado. Estas preferencias regionales reflejan la diversidad de variedades de maíz cultivadas en Ecuador y cómo se adaptan a las diferentes zonas geográficas y climáticas dentro del país INIAP, (2011).

Según datos INEC, (2023) se sembraron 12,727 hectáreas de maíz a nivel nacional, cifra que superó ampliamente a otros cultivos de importancia en el país como arroz, banano, palma aceitera, caña de azúcar, entre otros. El maíz es uno de los cultivos de mayor importancia para la soberanía alimentaria del país, aportando alrededor del 7 % al Valor Agregado Bruto (VAB) Agropecuario. El rendimiento promedio del maíz en Ecuador puede variar dependiendo de factores como la región, las prácticas de cultivo y las condiciones climáticas. Sin embargo, según datos recientes, el rendimiento promedio del maíz en Ecuador suele estar en el rango de 4 a 5 toneladas por hectárea Velásquez, (2021).

La agricultura familiar campesina (AFC) es la principal productora de maíz harinoso en Ecuador Generalmente, esta franja de productores posee menos de dos hectáreas de tierra y tienen acceso limitado a factores clave como crédito, semillas certificadas, agua de riego, mecanización y asistencia técnica. Sus parcelas suelen encontrarse a altitudes entre 2,200 y 3,000 m s.n.m., con suelos francos poco profundos, pendientes moderadas a fuertes, y temperaturas promedio de 12 a 25 °C. Las precipitaciones varían entre 500 y 1,200 milímetros al año, dependiendo de la zona. Estas áreas de producción son vulnerables a eventos climáticos adversos como heladas, vientos fuertes y sequías, lo que puede afectar significativamente la producción de maíz en estas regiones. En el Ecuador el cultivo de maíz se ha constituido en un cereal con alto valor comercial ya que está generando ingresos económicos y fuentes de trabajo Yáñez y et al, (2013)

2.2 Características de las plantas.

2.2.1 Taxonomía

Según, Sánchez y Pérez, (2014) el maíz tiene la siguiente clasificación taxonómica:

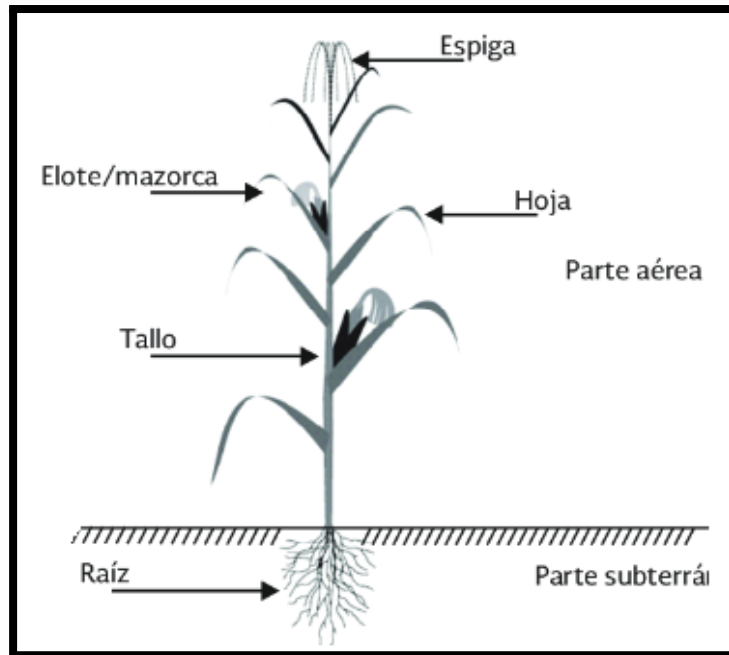
Tabla 1. Taxonomía del maíz.

Reino	Vegetal
División	Angiosperma
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	Zea
Especie	Mays
Nombre científico	<i>Zea mays L.</i>

Fuente: (Sánchez y Pérez, 2014)

2.2.2 Morfología.

Ilustración 1. Morfología del maíz



Fuente: (Sánchez & Pérez, 2014)

Raíz. El sistema radicular es fasciculado y extenso, es de gran importancia, hace parte del componente funcional y estructural de la planta, las raíces pueden profundizar hasta 1,8 metros y explorar una superficie de un círculo de 2 metros de diámetro cuando la planta está madura. El desarrollo del sistema radical va a depender de 2 factores como son: la humedad y las condiciones de preparación del suelo que se presentan en la tierra en suelos bien preparados, porosos y con una buena humedad desde los inicios de la germinación. Arguello, (2022)

Tallo. Posee un solo tallo principal formado por entrenudos separados por nudos equidistantes unos de otros. Los entrenudos, cercanos al suelo, son cortos y su diámetro disminuye de manera ascendente. Este es tubular, pero desde la base hasta la inserción de la mazorca presenta una depresión que se hace más profunda conforme se aleja del suelo. El tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior protectora, impermeable y transparente, una pared de haces vasculares por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares. El tallo alcanza su máximo desarrollo cuando la espiga ha emergido completamente y se ha iniciado la producción del polen Mario, (2014)

Hojas. La planta de maíz posee entre 15 y 30 hojas, su borde es áspero, y algo ondulado, estas son largas, anchas, planas y de gran tamaño; lanceoladas, alternas y paralelinervias, crecen en la parte superior de los nudos, abrazando al tallo mediante estructuras llamadas vainas, el haz de la hoja es piloso, adaptado para la absorción de energía solar, mientras que el envés, tiene numerosos estomas que permiten el proceso respiratorio, las hojas son mantenidas en ángulos aproximadamente rectos con respecto al tallo mediante una fuerte nervadura central, en la 22 superficie foliar, justo en la unión del limbo con la vaina, existe una proyección delgada y semitransparente que envuelve el tallo llamada lígula, la cual tiene como función restringir la entrada de agua y reducir las pérdidas por evaporación. Ramesha, (2023)

Mazorca. Esta es la inflorescencia femenina y está constituida por un raquis cubierto por filas de granos ,es aquí donde la planta almacenan las reservas nutritivas, las mazorcas nacen de las axilas de las hojas, del tercio medio de la planta, esta inflorescencia femenina está formada por el raquis conocida como tusa en el cual van un par de glumas externas, dos yemas, dos paleas y dos flores, una estéril y otra fértil por lo que el número de hileras de mazorcas es par, las espiguillas femeninas se agrupan en una ramificación lateral gruesa de forma cilíndrica y sus estilos sobresalen de las brácteas y alcanzan una longitud de 15 a 20 centímetros formando una cabellera característica y conocida vulgarmente como pelos o barbas. Cada flor femenina, si es fecundada, dará lugar a un fruto en forma de grano, más o menos duro, lustroso, de color amarillo, púrpura o blanco Li, (2023).

Espigas. Son las inflorescencias masculinas de la planta, están formadas por un par de glumelas, 3 estambres y un pistilo, estas se ubican en la parte terminal de la planta y están formadas por una espiga central y varias ramas laterales, organizadas en una panícula, donde se asientan las flores agrupadas en espiguillas pareadas, una de las cuales es pedicelada y la otra es sésil, cada espiguilla posee dos flores minúsculas funcionales y cada una de estas posee tres anteras productoras de polen, cuando las condiciones fisiológicas y ambientales lo permiten, las anteras liberan el polen, que ocurre casi siempre dos a tres días antes de la aparición de los estigmas o cabellos de la mazorca y se produce la polinización Jing, (2023).

Grano. Es el fruto de la planta, compuesto por una cariópside que consta de tres partes principales: la pared, el endospermo y el embrión. La cubierta o capa de la semilla, que es la pared del ovario, se llama pericarpio, es dura y debajo de ella se encuentra la capa de aleurona, que le da el color al grano y que contiene las proteínas, interiormente está el endospermo, con el 85 a 90% del peso del grano, que al ser una estructura muy variable, le da a éste distintas apariencias, el embrión está formado por la radícula y la plúmula,

ubicándose en el escutelo, localizado en la parte inferior del grano, donde va adherido a la tusa o raquis Chang, (2023).

2.3 Composición nutricional

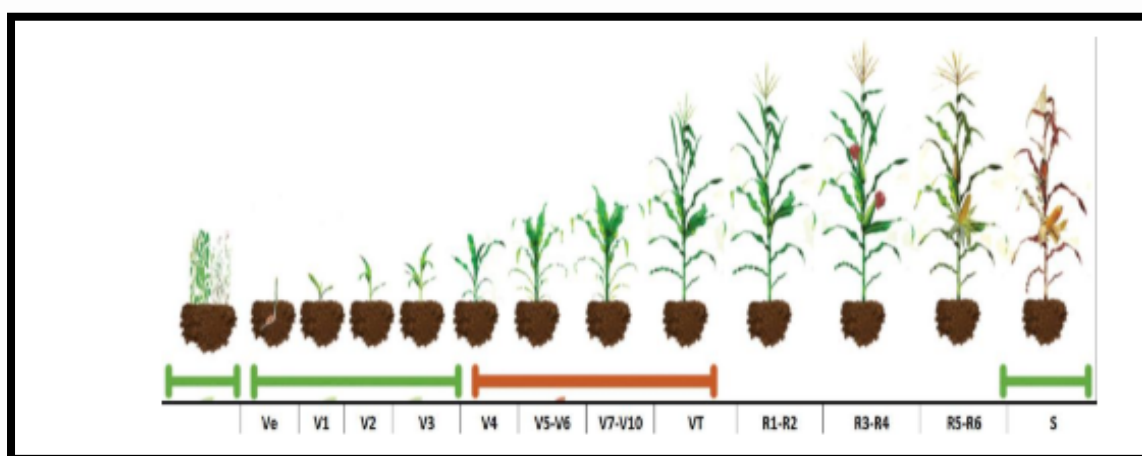
Está compuesto por agua (10,37 g), energía (365 kcal), proteínas (9,42 g), grasas totales (4,74 g), carbohidratos (74,26 g), azúcares totales (64 g) Salazar, (2018).

2.4 Aspectos fisiológicos.

Una de las ventajas que más se resalta del maíz es su gran productividad, la cual se debe gracias a una gran área foliar y a una modificación de la ruta fotosintética. Esta modificación se conoce como la ruta C4, y consiste en un mecanismo eficiente para el intercambio de vapor de agua por dióxido de carbono atmosférico. Como resultado de este mecanismo, las especies C4 pueden producir más materia seca por unidad de agua transpirada que las plantas que poseen el sistema convencional para fotosintetizar (C3). Ospina & Duarte, (2011).

2.5 Crecimiento y desarrollo.

Ilustración 2. Fenología del maíz



Fuente: (Sánchez & Pérez, 2014)

Se define como crecimiento el proceso de acumulación de materia seca en la planta, producto del balance que se establece entre la fotosíntesis y la respiración. El desarrollo vegetal por otra parte es el conjunto de procesos de crecimiento y diferenciación mediante los cuales, a partir de una semilla, se obtiene una planta completa con capacidad de producir otras semillas. El crecimiento de la planta de maíz se divide en dos etapas: fase vegetativa y fase reproductiva. Ospina y Duarte, (2011)

2.5.1 Fase vegetativa.

Ilustración 3. Fase vegetativa

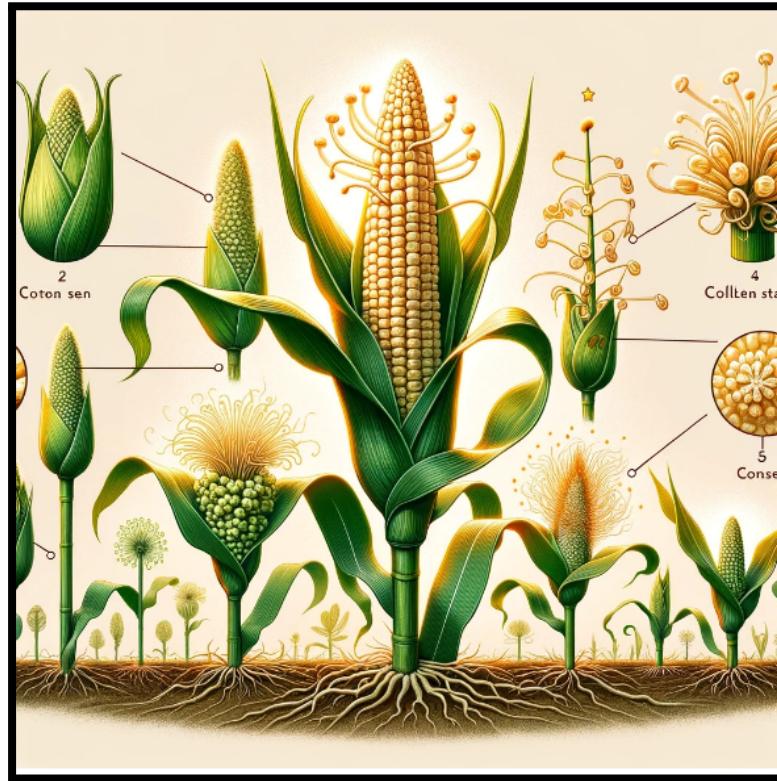


Fuente: (Miramontes, Cruz, & Ellsworth, 2008)

Según Shen, (2023), el desarrollo de la planta comienza desde la emergencia hasta la aparición de la espiga que es el órgano reproductor masculino, es en este momento en el que se desarrollan y diferencian los tejidos hasta que las nuevas estructuras florales aparecen. Esta fase se resume en dos momentos Mao, (2023): primero se forman las hojas y el desarrollo es ascendente, la producción de materia seca es lenta y finaliza con la diferenciación de tejidos de los órganos de reproducción Azcón y Talón, (2013). En el segundo momento se desarrollan las hojas y los órganos de reproducción y finaliza con la emisión de los estigmas. Las diferentes etapas fenológicas de la fase vegetativa son designadas con la letra “V” y se le asigna un número el cual va a ser definido por la hoja superior cuyo cuello es visible, así: etapa VE (emergencia), pasando por Vn, siendo “n” la última hoja que pueda producir la planta, hasta llegar a la VT, que es cuando es visible la última rama de la inflorescencia masculina y la planta expresa su mayor altura.

2.5.2 Fase reproductiva.

Ilustración 4. Fase reproductiva.



Fuente: (Miramontes, Cruz, & Ellsworth, 2008)

Esta fase inicia desde la formación completa de los estigmas y finaliza con la madurez fisiológica. Se caracteriza por el incremento del peso de las hojas, la flor y por el aumento rápido en el peso de los granos, Ospina y Duarte, (2011). El número de óvulos que será llenado es determinado en este momento. Grano ampolla (R2). Se empiezan a acumular los almidones en el endospermo que presenta una apariencia acuosa y los núcleos comienzan una rápida acumulación de masa seca.

Tabla 2. Descripción de los estadios fenológicos del maíz.

FASE	DESCRIPCIÓN
VE	El coleóptilo emerge de la superficie del suelo
V1	Se ve el cuello de la primera hoja (la primera hoja siempre tiene la punta redondeada)
V2	Se ve el cuello de la segunda hoja
V3	Es visible el cuello de la tercera hoja
V6	Seis hojas con lígula visible
V8	Ocho hojas con lígula visible
Vn	Se ve el cuello de la hoja "n" ("n" es igual al número final de hojas de la planta y está usualmente entre 16 y 22; sin embargo, al momento de la floración las cuatro o cinco hojas inferiores se pueden haber perdido)
VT	Se ve completamente la última rama de la panoja; debe tenerse en cuenta que no es lo mismo que la floración masculina, la cual ocurre cuando comienza a derramarse el polen, o sea la antesis
R1	Se ven los estambres en el 50 % de las plantas
R2	Se ven los granos hinchados llenos de un fluido claro y el embrión
R3	Estado lechoso: los granos están llenos de un fluido blanco lechoso
R4	Estado pastoso; los granos están llenos de una pasta blanca; el embrión tiene la mitad del ancho del grano
R5	Estado de diente: la parte superior de los granos está llena de almidón sólido y si el genotipo del maíz es de tipo dentado, los granos son típicamente dentados; en una vista lateral del grano se puede notar una "línea lechosa", esto se puede observar tanto en los granos de maíz duro como en los dentados
R6	Madurez fisiológica: en la base del grano se ve la capa negra; la humedad del grano es de cerca de 35%

Fuente: (PIONEER, 2015).

Grano lechoso (R3). Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco, mostrándose de color amarillo por fuera, debido a la acumulación de almidón. Grano pastoso (R4). Los granos llegan al 70% de humedad y han acumulado cerca de la mitad de su peso seco maduro. Grano dentado (R5). Disminuye la humedad del grano y la parte superior del grano es llenada con almidón sólido. Madurez fisiológica. El grano está completamente desarrollado Azcón y Talón, (2013).

2.6 Requerimientos Edafoclimáticos

Según Arteaga Escamilla, (2011), el cultivo de maíz como especie vegetal necesita de condiciones de suelo y clima que permitan su buen crecimiento y desarrollo, a continuación, se generalizan las más importantes:

- **Suelos.** El cultivo de maíz necesita suelos profundos fértiles, de textura franca, con buena permeabilidad, de gran capacidad de retención de agua, con buen drenaje, de estructura granular, alto contenido de materia orgánica y un pH entre 5,0 y 7,5.
- **Temperatura.** Este aspecto influye directamente sobre el periodo vegetativo del maíz, ya que el maíz se desarrolla bien a temperaturas que oscilan entre 20 y 29°C, pero la ideal está comprendida entre 24 y 26°C.
- **Luminosidad.** La luminosidad ideal está comprendida entre 6 a 7 horas de luz día.
- **Precipitación.** El cultivo de maíz se da en regiones con precipitaciones de 1,000 y 2,000 mm por año, pero normalmente la planta de maíz necesita entre 550 a 650 milímetros.
- **Altitud.** El maíz se desarrolla desde 0 a 4,000 m s.n.m., pero a alturas mayores de 2,000 m s.n.m. se incrementa significativamente el ciclo o periodo vegetativo.

2.7 Requerimientos nutricionales del cultivo

El maíz tiene gran capacidad de absorción de nutrientes y requiere de una alta fertilización debido la gran demanda del nitrógeno, además de otros elementos como es el potasio y el fósforo esto con la finalidad de obtener una buena producción. Entre los elementos que se consideran esenciales tenemos los macroelementos y microelementos Gonzales, (2020).

El diagnóstico de la fertilización del cultivo implica conocer las necesidades nutricionales (Tabla 3), para alcanzar un buen rendimiento y producciones esperadas.

Tabla 3. Requerimientos nutricionales del cultivo de maíz.

NUTRIENTE	REQUERIMIENTO EN KG T ⁻¹	ÍNDICE DE COSECHA
NITRÓGENO	22	0,66
FÓSFORO	4	0,75
POTASIO	19	0,21
CALCIO	3	0,07
MAGNESIO	3	0,28
AZUFRE	4	0,45
BORO	0,020	0,25
CLORO	0,444	0,06
COBRE	0,013	0,29
HIERRO	0,125	0,36
MANGANESO	0,189	0,17
MOLIBDENO	0,001	0,63
ZINC	0,053	0,50

Fuente: INIAP (2011).

2.8 Nutrición.

La productividad y la sanidad vegetal dependen en gran medida de una adecuada nutrición de las plantas, la cual está relacionada directamente con una cantidad suficiente de los llamados elementos esenciales: N, S, P, Si, B, K, Ca, Mg, Cl, Mn, Na, Fe, Zn, Cu, Ni y Mo, siendo restringido Cl y Ni para un número limitado de especies de plantas, estas toman estos elementos esenciales del suelo a través de las raíces y en forma inorgánica de la solución que se forma en el suelo, estos son utilizados en diferentes procesos metabólicos que le permiten a la planta su adecuado crecimiento y desarrollo. Azcón y Talón, (2013), Kirkby, (2012)

El cultivo de maíz requiere diferentes elementos para realizar sus funciones metabólicas y garantizar su crecimiento y desarrollo y por tanto garantizar un buen rendimiento. En general, los nutrientes de mayor importancia para la producción son el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio; sin embargo, la deficiencia de cualquiera de los 16 elementos esenciales afectará la producción García et al, (2011). Los valores de cada elemento varían según el entorno donde se cultivan y las prácticas de manejo aplicadas. Morales, (2019), determinaron que la fuente utilizada y la forma de aplicación del fertilizante nitrogenado afectan la respuesta de la planta y encontraron que la aplicación de urea en forma fraccionada y en bandas habría permitido un mejor aprovechamiento del nitrógeno por el cultivo.

2.8.1 Biofertilizante

Según Pincay, (2023), la utilización de microorganismos benéficos como biofertilizantes es crucial en la agricultura. Ayudan a reducir el uso de fertilizantes químicos, mejoran la salud del suelo, aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas, fortalecen la resistencia de las plantas e incluso promueven su crecimiento a través de la producción de fitohormonas. En el país se desarrollan también productos biológicos que incrementan el rendimiento del cultivo o la eficiencia en el uso de los nutrientes. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha generado un biofertilizante experimental a base de bacterias promotoras de crecimiento, capaces de aumentar en 21 y 42% la absorción de N y fósforo (P), respectivamente, en relación con el testigo sin inocular.

Ilustración 5. Fertibacter

Fuente: (Pincay, 2023)

Evaluaciones de este biofertilizante mostraron un incremento en el rendimiento de grano de hasta 30%, con una reducción de alrededor del 20% en los costos de producción, debido al ahorro del 50% de la fertilización convencional recomendada para el cultivo. El uso de biofertilizantes en el cultivo de maíz en Ecuador es incipiente debido a la poca disponibilidad de estos productos.

Según Pincay, (2023), es un biofertilizante elaborado a base de bacterias de los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas*, que aportan múltiples beneficios al suelo y sobre todo a la nutrición de las plantas. Para obtener estos microorganismos se realizaron varias colectas de la rizosfera de cultivos de maíz de todas las provincias de la Sierra ecuatoriana; mediante pruebas de laboratorio e invernadero, se seleccionaron las mejores cepas para ser evaluadas en campo y de los resultados obtenidos en esta última evaluación se seleccionaron las cepas que mejoran el rendimiento del cultivo, para posteriormente elaborar el biofertilizante Fertibacter Maíz. INIAP, (2011)

Tabla 4. Composición del biofertilizante Fertibacter Maíz.

INGREDIENTES	CONCENTRACIÓN
Microorganismos (<i>Bacillus subtilis</i> y <i>Pseudomonas fluorescens</i>)	109 UFC/ml
Melaza	2%

Fuente: (Pincay, 2023)

2.8.2 Fertilizantes químicos

Los fertilizantes sintéticos son productos obtenidos mediante procesos químicos, elaborados en laboratorios o fábricas y estos contienen uno o más de los nutrientes que requieren las plantas para su desarrollo, en forma concentrada y fácilmente solubles en agua. Los principales productos químicos comerciales son: la urea, sulfato de amonio, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio, entre otros. Lagunes, (2018)

Los fertilizantes simples: Por lo general, los fertilizantes simples vienen en forma de químicos inorgánicos simples. Estos son fabricados o extraídos y usualmente proporcionan un sólo elemento nutriente. Adicionalmente, el fertilizante simple permite una aplicación más precisa para cumplir con los requisitos y el balance nutritivo.

Urea.**Ilustración 6. Fertilizante Simple****Fuente: Fertisa**

Es un fertilizante nitrogenado que pertenece al grupo de las amidas, su riqueza en nitrógeno es del 46 %, su presentación es de forma granulada y muy soluble en agua. Es la fuente más económica de Nitrógeno (N) de alta concentración FAO, (2021).

Se trata de un fertilizante que tiene una gran variedad de usos y aplicaciones, es un componente indispensable para producir fórmulas balanceadas de fertilización. Se puede aplicar al suelo directamente como mono producto, se puede incorporar a mezclas físicas balanceadas, y por su alta solubilidad en agua puede funcionar como aporte de nitrógeno en fórmulas foliares, para uso en fertirriego altamente solubles y en fertilizantes líquidos Martínez, (2018).

Los fertilizantes compuestos: Los fertilizantes compuestos se definen como cualquier producto homogéneo que contenga dos o más de los nutrientes químicamente combinados.

10-30-10

Ilustración 7. Fertilizante Compuesto



Fuente: La Colina

Fertilizante edáfico para las etapas iniciales de los cultivos, adaptable a planes de fertilización por su fórmula completa de N-P-K y ahora enriquecido con minerales ancestrales que aportan meso y micronutrientes para el desarrollo y rendimiento óptimo de los diferentes cultivos. Martínez, (2018).

2.9 Maíz suave de polinización abierta en Ecuador

En la Sierra ecuatoriana anualmente se siembran aproximadamente 75,000 hectáreas con variedades de polinización libre (VPL) FAO, (2022). Esta superficie es parte de los millones de hectáreas que se siembran anualmente con VPL en países en vías de desarrollo, porque aún reúnen características apropiadas y deseadas para esas regiones, en las que, las prácticas agrícolas ancestrales, tradicionales y culturales son todavía usadas Velásquez, (2021). Los programas de investigación en estos países han desarrollado variedades mejoradas de polinización libre a partir de variedades locales, centrándose en atributos clave como el tipo y color de grano, tamaño de planta, altura de inserción de la mazorca, calidad culinaria y otras cualidades importantes para ajustarse a las tradiciones, costumbres y gustos locales. Este enfoque ayuda a que las variedades sean más aceptadas por los agricultores y se adapten mejor a las condiciones específicas de cada región Alban, (2023).

Las variedades de maíz de polinización abierta se logran a partir de las razas nativas, su producción es simple y más económica y permite que los agricultores pequeños conserven su propia semilla para mantener los ciclos de siembra. En Ecuador se encuentran diecisiete razas de maíces suaves de polinización abiertas distribuidas en la Sierra Moreno & Pintado, (2013) Cada una adaptada a las condiciones específicas de las distintas zonas, como los maíces amarillos harinosos en la zona norte, los maíces de grano blanco harinoso en la zona central y las variedades de tipo Zhima en la zona sur. Esta diversidad contribuye a la resiliencia de los cultivos ante variaciones climáticas y demuestra la riqueza de la agrobiodiversidad en el país. Yáñez y et al, (2003)

Las variedades de maíz suave adaptadas a diferentes altitudes son ampliamente utilizadas en la Sierra ecuatoriana. Estas variedades se distinguen por su ciclo productivo, ya sea precoz o tardío. El Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP) ha desarrollado y liberado variedades de maíz suave que se adaptan a las condiciones específicas de la región, contribuyendo así al mejoramiento de la agricultura en Ecuador.

2.10 Sistemas de producción de maíz de polinización abierta en la Sierra

La agricultura familiar o de pequeña escala desempeña un papel importante en la producción de alimentos básicos a nivel mundial. Según la FAO, (2023) estos sistemas son responsables de aproximadamente el 80% de la producción mundial de alimentos en términos de valor. En países de América Latina como Ecuador, la agricultura familiar contribuye significativamente a la producción nacional de maíz, representando alrededor del 70% del total. A menudo, estos sistemas de maíz a pequeña escala se caracterizan por su diversidad y mezcla de cultivos, aunque suelen tener niveles más bajos de productividad y sostenibilidad. Es importante apoyar fortalecer estos sistemas para mejorar su eficiencia y resiliencia a largo plazo, en la Sierra ecuatoriana, la siembra del maíz suave se ajusta al período de lluvias de la región CEPAL, FAO, IICA, (2013).

En la Sierra Norte, por ejemplo, la siembra generalmente inicia en septiembre y se prolonga hasta mediados de enero, coincidiendo con los periodos de mayor precipitación en esas zonas de cultivo. Esta planificación garantiza condiciones ideales para el crecimiento y la maduración de los cultivos de maíz. El sistema de siembra de los maíces de polinización abierta en la Sierra es, en su mayoría, un procedimiento manual, como ocurre con las variedades liberadas por el INIAP que han sido desarrolladas para siembra en áreas de pendiente INIAP, (2011).

Los niveles de rendimiento del maíz no necesariamente están ligados al nivel de sofisticación de los sistemas de producción, es decir que la siembra manual y manejo convencional de los productores de agricultura familiar tendría una buena posibilidad de rendimientos altos si el material genético utilizado está adaptado a las condiciones de clima del sitio y si los factores agronómicos como la humedad disponible, el porcentaje de germinación (población), fertilización y características agronómicas de la variedad son manejados con más cuidado. Yáñez, (2013)

2.11 Fertilidad y fertilización de los suelos cultivados con maíz suave.

Es cierto que las plantas extraen nutrientes del suelo para su crecimiento y producción, y si no se devuelven al suelo los nutrientes exportados durante la cosecha, la fertilidad del suelo puede agotarse rápidamente y los rendimientos se verán afectados negativamente. Aguirre y Alegre, (2015). Para reponer los nutrientes al suelo, se pueden utilizar fuentes minerales como fertilizantes químicos y fuentes orgánicas. Estas prácticas ayudan a mantener la fertilidad del suelo y promueven rendimientos sostenibles a largo plazo. Es importante considerar prácticas sostenibles que minimicen estos impactos y promuevan la salud del suelo a largo plazo, además es importante realizar análisis de suelos para determinar las cantidades de nutrientes necesarias y mantener el rendimiento de los cultivos. García, et al. (2011) En el caso de Ecuador y las variedades de maíz suave sembradas en la Sierra, la falta de información calibrada dificulta el manejo adecuado de los nutrientes para estas variedades de polinización abierta. INIAP, (2011)

3. Materiales y métodos

3.1 Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo en la Granja de la Estación Experimental de Austro del cantón Gualaceo, provincia del Azuay (Km. 12 1/2 vía El Descanso – Gualaceo, Sector Bullcay, junto a la entrada a El Cabo, Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay).

3.1.1 Características del sitio experimental

El ensayo, se realizó en las instalaciones de la Estación Experimental del Austro (Tabla 5 y 6)

Tabla 5. Ubicación geográfica de la localidad

Localidad	Provincia	Cantón	Parroquia	Coordenadas	Altura m s.n.m.
Estación Experimental del Austro	Azuay	Gualaceo	Gualaceo		2, 216
				17M747124.20 mE 9683121.1908 mS	

Fuente: Programa de maíz EEA. 2022

Tabla 6. Características edafoclimáticas

Provincia	Azuay
Cantón	Gualaceo
Parroquia	Bullcay
Zona climática	Bosque Húmedo Montano
Temperatura promedio °C	17
Precipitación media anual mm	800
Humedad relativa promedio %	50
Topografía	Plana
Tipo de suelo	Andisoles

Fuente: Programa de maíz EEA. 2022

3.2 Materiales

3.2.1. Materiales de campo

- **De campo:** Baldes, estacas, cinta métrica, cámara fotográfica, lápiz, libro de campo, bombas de mochila, etiquetas, balanzas, GPS.
- **Biológicos:** Semillas.
- **Químicos:** Fertilizantes, fungicidas, insecticidas, herbicidas.

3.3 Factores de estudio

- Altura de planta
- Altura de inserción de la mazorca
- Acame de raíz
- Acame de tallo
- Número total de mazorcas cosechadas
- Porcentaje de mazorcas con pudrición
- Rendimiento en t/ha

3.3.1 Tratamiento

Tabla 7. Tipos de Fertilización

TRATAMIENTO 1	Biofertilizante 100% (FERTIBACTER)
TRATAMIENTO 2	Biofertilizante 100% (FERTIBACTER) + Químico 50% (10-30-10) (UREA)
TRATAMIENTO 3	Fertilización Química 100% (10-30-10, UREA)
TRATAMIENTO 4	(testigo) Fertilización 0%
TRATAMIENTO 5	Fertilización recomendada por la ficha técnica para maíz INIAP 103

Elaboración: Martín Cuesta.

3.3.2 Unidad Experimental

CARACTERÍSTICAS DE ESTUDIO

Tabla 8. Características de la unidad experimental apa tabla

Área del ensayo:	1,043.20 m ²
Área parcela:	24,00 m ²
Ancho de la parcela:	5,00 m
Longitud de la parcela:	4,80 m
Distancia entre tratamientos:	2,00 m
Distancia entre plantas:	0,25 m
Distancia entre surcos:	0,80 m

Elaboración: Martín Cuesta.

3.3.3. Diseño experimental

Se empleó el DCA (Diseño completamente al azar) con cuatro tratamientos más un testigo y cinco repeticiones.

Ilustración 8. Esquema experimental del ensayo.

TRATAMIENTO 1 Biofertilizante 100% (FERTIBACTER)

TRATAMIENTO 2 Biofertilizante 100% (FERTIBACTER) + Químico 50% (10-30-10)(UREA)

TRATAMIENTO 3 Fertilización Química 100% (10-30-10, UREA)

TRATAMIENTO 4 (testigo) Fertilización 0%

TRATAMIENTO 5 Fertilización recomendada por la ficha técnica del maíz INIAP 103

R I	T 2	T 4	T 3	T 1	T 5
R I	T 1	T 5	T 2	T 3	T 4
R II	T 5	T 3	T 1	T 4	T 2
R I V	T 4	T 1	T 5	T 2	T 3
R V	T 3	T 2	T 4	T 5	T 1

Elaboración: Martin Cuesta.

3.3.4 Análisis de resultados

Con los datos de campo obtenidos se comprobó la normalidad de los datos, luego se realizó un análisis de varianza y para las variables que resultaron significativas se aplicó la prueba Tukey al 5%.

3.4 Variables para registrar y métodos de evaluación

- **Altura de planta**

La altura de planta se evaluó en 10 plantas seleccionadas al azar, se consideró desde el suelo hasta el punto de inserción con la panoja, se utilizó una regla graduada en centímetros.

- **Altura de inserción de la mazorca**

Variable que se registró en centímetros, se midió desde el suelo hasta la inserción de la mazorca principal. En las mismas 10 plantas tomadas al azar en las que se registró la altura de la planta.

- **Acame de raíz**

Antes de realizar la cosecha, se registró el número de plantas que tenían una inclinación de 30 grados o más a partir de la perpendicular.

- **Acame de tallo**

Se registró aquellas plantas que tengan tallos rotos debajo de la mazorca principal, en cada parcela útil.

- **Número total de mazorcas cosechadas**

Se contó el total de mazorcas cosechadas por cada tratamiento.

- **Porcentaje de mazorcas con pudrición**

Es la relación porcentual entre el total de mazorcas cosechadas y del número de mazorcas con pudrición, en cada uno de los tratamientos.

- **Peso de campo**

Se determinó el peso de todas las mazorcas sin sus brácteas, se utilizó para el efecto una balanza tipo reloj.

- **Peso de la mazorca**

Se registró en gramos en 5 mazorcas cogidas al azar en cada uno de los tratamientos.

- **Porcentaje de Desgrane**

Tanto el peso de grano como el de la mazorca sirvieron para determinar el porcentaje de grano, aplicando la siguiente fórmula:

Ilustración 9. Fórmula de porcentaje de grano.

$$\% \text{ de grano} = \frac{\text{Peso del grano}}{\text{Peso de la mazorca}} \times 100$$

Elaboración: Martin Cuesta.

- **Rendimiento en t/ha**

Se calculó esta variable, ajustando al 13% de humedad, utilizando la siguiente fórmula:

Ilustración 10. Formula rendimiento.

$$\text{Rendimiento (t/ha)} = \frac{PC \times D \times MS \times 1000}{86 \times AP}$$

Elaboración: Martin Cuesta.

Donde:

PC: Peso de campo en kg.

D: Porcentaje de desgrane, expresado en forma decimal.

MS: Materia seca (100 - porcentaje de humedad), expresado en forma decimal

86: Porcentaje de materia seca que contendrá el grano como prueba de uniformidad. (Constante)

AP: Área de la parcela neta expresada en metros cuadrados.

3.5 Manejo del ensayo

- **Selección del lote.**

Se seleccionó un lote de **1,043.20** metros cuadrados ubicado en la Estación Experimental del Austro.

Preparación de suelo.

- **Muestreo del suelo.**

El 23 de noviembre del 2022 se tomó un muestreo de suelo con la finalidad de realizar el análisis físico-químico y obtener información tanto de las características edáficas de los sitios en donde se instalarán los ensayos de investigación como para realizar los respectivos cálculos de fertilización. El muestreo se realizará siguiendo las recomendaciones dadas por el Departamento de Suelos del INIAP.

- **Arado.**

Se utilizó tracción mecánica, tractor con arado de discos. La preparación del suelo se realizó con al menos un mes de anticipación.

- **Rastra y surcado.**

Esta labor se realizará el día anterior a la siembra con tracción mecánica.

- **Siembra, densidad y raleo**

Previo a la labor de siembra el terreno se surco a 0,80 metros de distancia, seguidamente se realizará el trazado de parcelas con una dimensión de 24 metros cuadrados, mismas que tenían un largo de 4,80 metros separados por caminos de 1 y 1,60 metros alternadamente, dentro de las cuales se procedió a la siembra, se depositaron una semilla por golpe a una distancia de 0.25 metros.

- **Control de malezas.**

Para control de malezas se aplicó herbicidas selectivos a base de Atrazina en dosis de 1,6 a 2,0 kilogramos por hectárea de ingrediente activo (2,0 a 2,5 kilogramos por hectárea de producto comercial), más Pendimetalin en dosis de 2 litros por hectárea, la aplicación se realizó en preemergencia, después de la siembra o en post emergencia temprana, para malezas con dos hojas. Egüez y Pintado, (2013)

- **Control de plagas.**

Para el cultivo establecido, fase fenológica V2, al existir la presencia de trozadores (*Agrotis* sp) (10% de la población de plantas afectadas) se aplicó a la base del tallo insecticidas a base de Acetato en dosis de 0,4 a 0,5 kilogramos por hectárea de producto comercial. (Egüez & Pintado, 2013). Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), se controló con productos de origen vegetal como *Bacillus thuringiensis* en dosis de 0,5 a 1 litros por hectárea, si el ataque es severo se podrá utilizar productos a base de Clorpirifos en dosis de 0,75 litros por hectárea. Egüez y Pintado, (2013).

- **Fertilización.**

Se realizó en base al análisis de suelo para el tratamiento 1 y 2 y para el tratamiento 5 se realizó con la recomendación del INIAP., de manera fraccionada en tres etapas de desarrollo del cultivo:

FERTILIZACIÓN QUÍMICA

Etapas 1: Fertilización base, al momento de la siembra a chorro continuo al fondo del surco con abono completo (NPK).

Etapas 2: Fertilización complementaria a base de nitrógeno en la etapa de crecimiento V5.

Etapas 3: Fertilización complementaria a base de nitrógeno en la etapa de crecimiento V14.

Tabla 9. Cuadro de dosificación por unidad experimental (T3 100% QUÍMICO).

Fertilizante	Dosis		
	g/ unidad experimental	kg/ unidad experimental	kg/ tratamiento
10-30-10	480	0,48	2,4
UREA	434,8	0,4348	2

Elaboración: Martin Cuesta.

Tabla 10. Esquema de fertilización Tratamiento 3 (Química 100%)

TRATAMIENTO 2	FERTIBACTER	10-30-10	UREA
 Siembra	35 mililitros	2,4 kilogramos	S/F
 3 a 4 hojas: 35 a 45 días	S/F	S/F	1 kilogramo
 6 a 8 hojas: 60 a 100 días	S/F	S/F	1 kilogramo

Elaboración: Martin Cuesta.

Tabla 11. Cuadro de dosificación por unidad experimental (T2 50% QUÍMICO).

Fertilizante	Dosis		
	g/ unidad experimental	kg/ unidad experimental	kg/ tratamiento
10-30-10	480	0,48	1,2
UREA	434,8	0,4348	1

Elaboración: Martin Cuesta.

Tabla 12. Esquema de fertilización Tratamiento 2 (Química 50%, ORGÁNICO 100%)

TRATAMIENTO 2	FERTIBACTER	10-30-10	UREA
 Siembra	35 mililitros	1,2 kilogramos	S/F
 3 a 4 Hojas 25 a 45 días	S/F	S/F	0,5 kilogramos
 6 a 8 Hojas 65 a 85 días	S/F	S/F	0,5 kilogramos

Elaboración: Martin Cuesta.

Tabla 13. Cuadro de dosificación por unidad experimental (T5 Recomendación INIAP).

Fertilizante	Dosis		
	g/ unidad experimental	kg/ unidad experimental	kg/ tratamiento
10-30-10	400	0,4	2
UREA	400	0,4	2

Elaboración: Martin Cuesta.

Tabla 14. Esquema de fertilización Tratamiento 5 (Recomendación Iniap)

TRATAMIENTO 2	FERTIBACTER	10-30-10	UREA
 Siembra	35 mililitros	2 kilogramos	S/F
 3 a 4 hojas 35 a 45 días	S/F	S/F	1 kilogramo
 6 a 8 hojas 65 a 85 días	S/F	S/F	1 kilogramo

Elaboración: Martín Cuesta.

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

Se realiza una sola vez horas antes de la siembra en horas de la mañana en donde se sumergió 0.42 kilogramo de semilla en 35 mililitros de Fertibacter Maíz para el **Tratamiento 1** (Fertilización Orgánica 100 %) y **Tratamiento 2** (Orgánico 100% + Químico 50%).

Tabla 15. Cuadro de dosificación de Fertibacter por peso de semilla.

Biofertilizante	Dosis litros	Dosis ml	semilla kg	semilla g
Fertibacter	1,00	1000	30,00	30000
Fertibacter	0,50	500	15,00	15000
Fertibacter	0,35	35	0,42	42000

Elaboración: Martín Cuesta.

Tabla 16. Esquema de fertilización Tratamiento 1

TRATAMIENTO 2	FERTIBACTER	10-30-10	UREA
 Siembra	35 mililitros	S/F	S/F
 3 a 4 hojas 35 a 45 días	S/F	S/F	S/F
 6 a 8 hojas 65 a 80 días	S/F	S/F	S/F

Elaboración: Martín Cuesta.

Tabla 17. Esquema de fertilización Tratamiento 2

TRATAMIENTO 2	FERTIBACTER	10-30-10	UREA
 Siembra	35 mililitros	S/F	S/F
 3 a 4 hojas 35 a 45 días	S/F	S/F	S/F
 6 a 8 hojas 65 a 80 días	S/F	S/F	S/F

Elaboración: Martín Cuesta.

Cosecha

La cosecha se realizó una vez que transcurrieron 120 días de la siembra.

3.6 Metodología para el primer objetivo

Evaluar la productividad de maíz (*Zea mays* L) INIAP 103 – Mishqui Sara con diferentes tipos de fertilización en la Estación Experimental del Austro.

Análisis estadístico

Se utilizó el software estadístico Infostat para realizar el análisis. Primero, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, la cual confirmó que los datos siguen una distribución normal. Luego, se llevó a cabo un ANOVA para evaluar la significancia de los

datos, obteniendo un valor de probabilidad ($p = 0,1256$), que es superior al nivel de significancia elegido ($0,05$), se analizó la variable de rendimiento en toneladas por hectárea con 25 muestras, y un coeficiente de variación ($CV=14.30\%$), lo que indica una moderada dispersión relativa de los datos alrededor de la media.

3.7 Metodología para los objetivos específicos

- Evaluar los parámetros agronómicos del maíz (*Zea mays* L) INIAP 103 – Mishqui Sara con diferentes tipos de fertilización.

Análisis estadístico

Se realizaron diversos análisis estadísticos utilizando el software estadístico adecuado para cada caso. Para las variables **altura de planta**, **altura de inserción de mazorca** y **mazorcas cosechadas**, se aplicaron análisis paramétricos debido a la normalidad de los datos, confirmada mediante la prueba de Shapiro-Wilk. En contraste, las variables, **acame de raíz** y **acame de tallo** fueron analizadas con pruebas no paramétricas debido a la distribución no normal de sus datos. Para la variable **altura de planta**, se analizaron 100 muestras, revelando un coeficiente de variación (CV) de $17,63\%$. En cuanto a la **altura de inserción de mazorca**, también se evaluaron 100 muestras, mostrando un coeficiente de variación (CV) de $19,97\%$. Para las variables acame de raíz y acame de tallo, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis debido a la ausencia de normalidad en los datos. Por otro lado, las variables **plantas cosechadas**, **mazorcas cosechadas** y **mazorcas podridas** fueron analizadas mediante **ANOVA** paramétrico, demostrando significancia estadística en los tratamientos evaluados, como se evidencia en los respectivos test de Tukey. En conjunto, estos análisis proporcionan un entendimiento detallado de las variables estudiadas y validan el uso apropiado de metodologías paramétricas y no paramétricas según la naturaleza específica de los datos obtenidos en cada caso.

- Analizar la productividad y costos de producción del cultivo en función de los tipos de fertilización.

Análisis Económico: Evaluar la rentabilidad y el costo-beneficio de cada tratamiento.

Al final del ciclo del cultivo, se cosechó el maíz y se registró el rendimiento en toneladas por hectárea junto con los costos totales de producción. Se calculó el costo de producción por tonelada utilizando la fórmula

$$\text{Costo por tonelada} = \frac{\text{Costo total}}{\text{Rendimiento}}$$

Además, para evaluar la rentabilidad y la relación costo-beneficio de distintos tratamientos de fertilización en el cultivo de maíz, se calculó el ingreso por venta, la rentabilidad y la relación costo-beneficio para cada tratamiento.

Ingreso por Venta: Se calcula multiplicando el rendimiento (en toneladas por hectárea) por el precio de venta del maíz (380 USD/t). Este cálculo nos da el ingreso total generado por hectárea para cada tratamiento.

$$\text{Ingreso por venta} = \text{Rendimiento} \times \text{Precio de venta}$$

Rentabilidad: La rentabilidad se obtiene restando el costo total de producción del ingreso por venta. Este cálculo muestra cuánto dinero queda después de cubrir los costos de producción.

$$\text{Rentabilidad} = \text{Ingreso por venta} - \text{Costo total de producción}$$

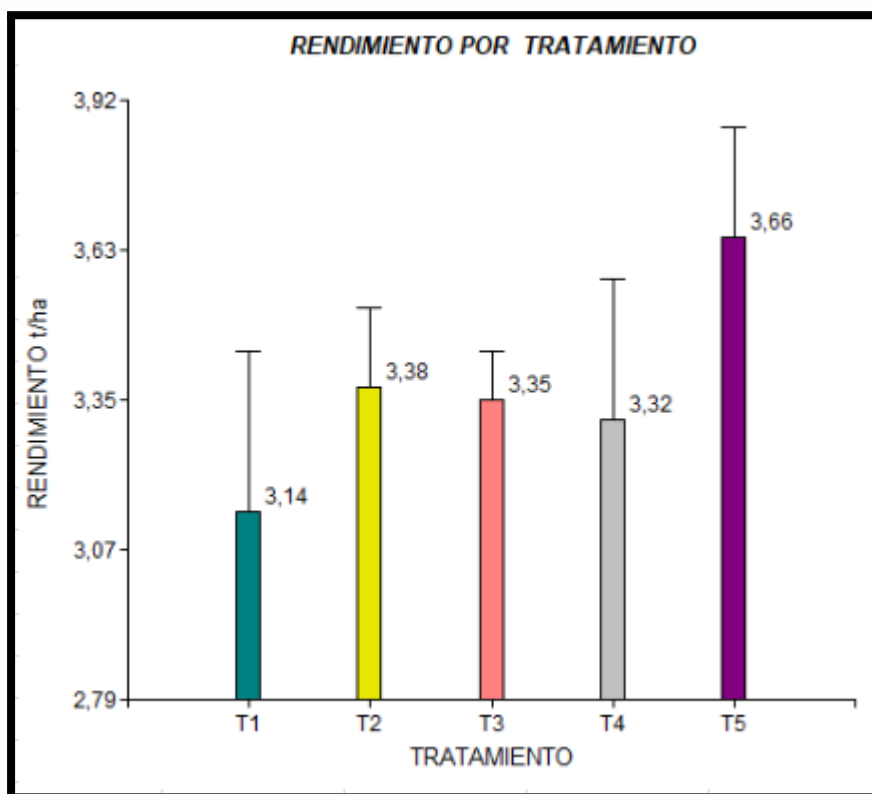
Relación Costo-Beneficio: La relación costo-beneficio se calcula dividiendo la rentabilidad por el costo total de producción. Esta medida indica cuánto beneficio se obtiene por cada dólar gastado en producción. Una relación mayor a 1 indica que los beneficios superan los costos, mientras que una relación menor a 1 indica lo contrario.

$$\text{Relación Costo-Beneficio} = \frac{\text{Rentabilidad}}{\text{Costo total de producción}}$$

4. Resultados y discusión.

4.1 Rendimiento t/h

Ilustración 11. Rendimiento de planta por cada Tratamiento.



Elaboración: Martin Cuesta.

Se realizó una prueba de normalidad para verificar la distribución de los datos. Según los resultados presentados, se concluye que los datos siguen una distribución normal ($p = 0,1256 > 0,05$), lo que permite utilizar análisis paramétricos como el análisis de varianza (ANOVA). El test de Tukey identificó grupos de tratamientos con medias de rendimiento que no difieren significativamente entre sí. Además, se evaluó la interacción entre tratamientos y repeticiones, mostrando que las repeticiones no afectan significativamente los resultados entre tratamientos. El coeficiente de variación fue del 14,3% para T2, destacando una moderada variabilidad dentro de cada tratamiento en términos de rendimiento.

Esta investigación se alinea con la literatura existente, sobre el impacto de la gestión de la fertilización en el desarrollo de las plantas y la eficiencia en el uso de recursos, minimizando y revirtiendo el impacto ambiental Pretty, (2018); Cassman y Grassini, (2020). Se observa que la fertilización con NPK no solo aporta nutrientes esenciales, sino que también estimula procesos fisiológicos, lo cual permite un desarrollo vegetal más rápido y eficiente. Estos hallazgos concuerdan con estudios previos, como los de Fabian, (2020); Tirado, (2020), que subrayan la importancia de la fertilización y las condiciones climáticas en el crecimiento y el

metabolismo de las plantas esto puede ser interpretado como una respuesta adaptativa de las plantas a un entorno más rico en recursos, lo cual permite un desarrollo más rápido y eficiente.

La superioridad en el rendimiento observada en el T5 (Fertilización recomendada por la ficha técnica del maíz INIAP 103) y T3 (Fertilización Química 100%) se respalda en los estudios realizados por Quiroz & Mulas, (2005) quienes destacan la importancia del nitrógeno en el desarrollo vegetativo del maíz. El nitrógeno desempeña un papel crucial en la formación de hojas y en el incremento del área foliar, factores fundamentales para la fotosíntesis y, por ende, para el rendimiento del cultivo, sugieren que incluso cantidades moderadas de nitrógeno pueden ser suficientes para promover un desarrollo óptimo del maíz, lo que reduce la necesidad de aplicar dosis más altas sin comprometer el crecimiento del cultivo. Resultados similares fueron obtenidos por Lafitte, (2001) y Rodríguez, (2014) que al decir de dichos autores favoreció un período vegetativo más largo y un período de llenado del grano más prolongado que, a su vez, habría permitido una mayor intercepción de radiación y una tasa fotosintética más alta para una mayor producción de fotoasimilados y mayores rendimientos.

Los resultados del presente estudio, junto con las investigaciones realizadas por García, (2020) en el rendimiento de los cultivos, particularmente en el maíz, ha demostrado que el fósforo favorece la intercepción de la radiación solar y la fotosíntesis, lo que resulta en una mayor acumulación de materia seca en las plantas. Este aumento en la biomasa vegetal se traduce en mejores rendimientos y un incremento en la productividad agrícola. Estas observaciones coinciden con los hallazgos reportados en otros estudios, como el Da Silva-Gomes, (2019) que también destacan el papel crucial del fósforo en el desarrollo y rendimiento de los cultivos debido a su participación en procesos fisiológicos esenciales.

Es esencial considerar que, en suelos con altos niveles de potasio, el incremento en las dosis de K_2O puede no generar aumentos proporcionales en la producción debido a la saturación de la capacidad de absorción de la planta. Por consiguiente, la discrepancia numérica observada entre los dos tratamientos que recibieron fertilización con potasio sugiere que la dosis y la forma de aplicación podrían haber sido más efectivas en el T5 (según la recomendación de la ficha técnica del maíz INIAP 103), debido a una mejor sincronización con las necesidades de la planta y las condiciones del suelo.

Al comparar el T2, que consiste en una combinación de fertilización orgánica y química, con el T3, que es 100% químico, se observa una diferencia numérica mínima en su rendimiento. Mientras que el T2 registró un rendimiento de 3,35 toneladas por hectárea, el T3 alcanzó

3,38 toneladas por hectárea. Este resultado coincide con lo encontrado por Deville, (2011), quienes señalan que el rendimiento bajo condiciones de fertilización orgánica no influye significativamente en el rendimiento, ya que los resultados están muy por debajo del rendimiento del maíz. Por otro lado, el T2, con una combinación del 50% de fertilización orgánica y el 50% de fertilización química, demuestra que el uso conjunto de fertilizantes sintéticos con inoculantes o abonos orgánicos mantiene e incluso incrementa los rendimientos de grano y rastrojo en comparación con la fertilización exclusivamente sintética. Esto explica por qué el T1, utilizando biofertilizante al 100%, exhibe el rendimiento más bajo entre todos los tratamientos, incluido el control.

El T3 (Fertilización Química 100%) se basó en un análisis de suelo, método tradicional para determinar las cantidades de nutrientes requeridas para mantener el rendimiento del cultivo. Sin embargo, para que este análisis sea efectivo, es crucial calibrar según el tipo de suelo y el cultivo específico García, (2008), en Ecuador no se ha llevado a cabo la investigación necesaria para ajustar estos análisis a las variedades de maíz suave cultivadas en la Sierra. Esta falta de información dificulta la gestión adecuada de los nutrientes en estas variedades de polinización abierta.

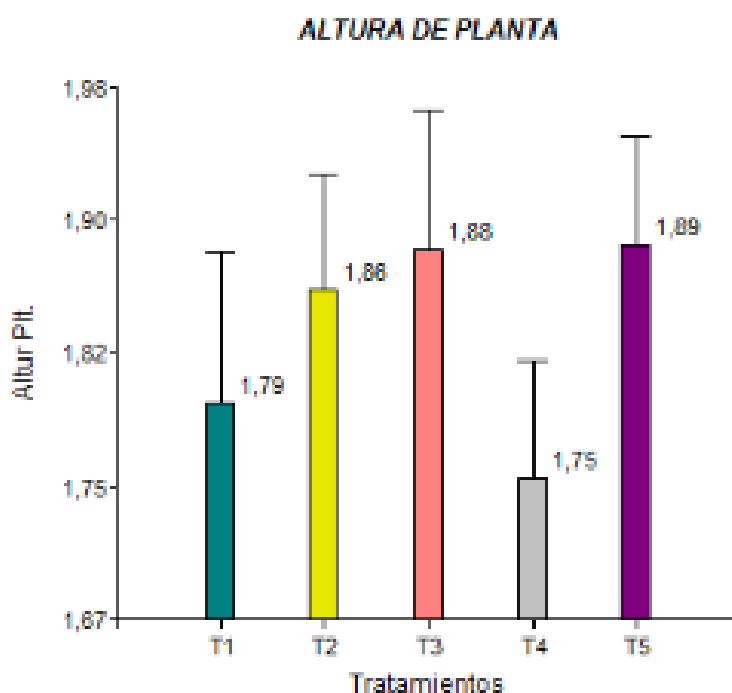
El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias reconoce las dificultades que enfrentan los productores de agricultura familiar para acceder al servicio de análisis de suelos, dada la complejidad y la logística requerida para recoger y enviar muestras al laboratorio. Es en este contexto donde la innovación se vuelve indispensable para proporcionar herramientas que permitan a los agricultores gestionar los nutrientes y alcanzar el potencial de rendimiento adaptado al clima y las condiciones del lugar de siembra. Para satisfacer las necesidades del sector agropecuario, el instituto ha recurrido a la tecnología disponible, generando boletines con recomendaciones técnicas para el manejo de la fertilización de variedades específicas de maíz. Estas recomendaciones se basan en cálculos estándares y tienen en cuenta las propiedades organolépticas de la semilla, ofreciendo así soluciones prácticas a los desafíos del campo Egüez y Pintado, (2013).

Los valores de rendimiento obtenidos oscilaron en 3.14 toneladas por hectárea y 3.66 toneladas por hectárea siendo el mayor para el T5 (Fertilización recomendada por la ficha técnica del maíz INIAP 103), y el más bajo para el T1 (Biofertilizante 100% FERTIBACTER); sin embargo, no se encontró diferencia estadística entre los tratamientos como se muestra en la figura 10, al igual que Alvarado, (2002) quien no encontró respuesta, la ausencia de respuesta la atribuimos a los contenidos medios que reportó el análisis de suelo y las condiciones edafoclimáticas que permitieron la mayor disponibilidad del elemento, de igual manera coincidimos con Rosero & Bolaños, (2018), quienes tampoco encontraron respuesta

a esta variable y también atribuyen la escasa respuesta a los altos contenidos de fertilizantes presentes. Melgar, (2001), señala en relación con las variables de rendimiento los resultados obtenidos por Vélez, (2018) quien realizó su estudio con iguales características de igual forma no encontró diferencias estadísticas entre tratamientos.

4.2 Parámetros agronómicos

Ilustración 12. Altura de planta por cada Tratamiento.



Elaboración: Martín Cuesta.

Se realizó una prueba de normalidad para la variable altura de planta, la cual arrojó un valor de $p = 0,6224$, superior al nivel de significancia elegido (0,05). Esto indica que los datos siguen una distribución normal y respaldan el uso de métodos paramétricos. Sin embargo, según el análisis de ANOVA, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p > 0,05$). Este resultado fue corroborado por la prueba de Tukey al 95%. Aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas, se evidenció que, el T5 (Fertilización recomendada por la ficha técnica del maíz INIAP 103) mostró la mayor altura promedio de 1,89 metros, mientras que el T4 (control) registró la menor altura promedio de 1,75 metros.

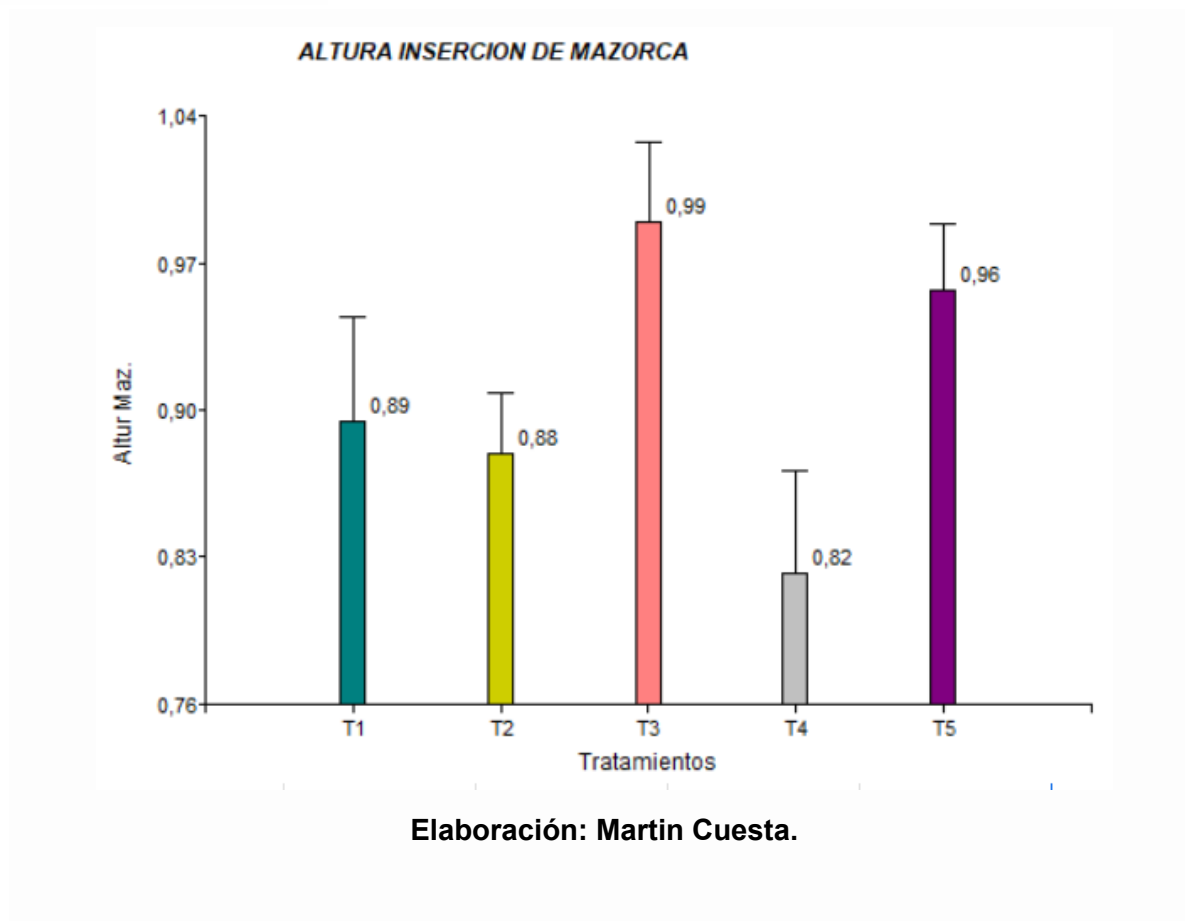
Para la variable altura, se excluye que sea un efecto de etiolación, debido a que, al analizar el efecto de las densidades, estas no tuvieron efecto sobre esta variable. Sin embargo, en

algunos trabajos se ha encontrado que la densidad de siembra siempre muestra un efecto en el crecimiento de las plantas, por la competencia lumínica, agua y nutrientes asociadas con otras características como menor macollamiento y mayor rendimiento de grano Cruz Ramírez, (2017); Raya, (2012), Amanullah, (2016).

Como se observa en los tratamientos el T5 y T3, en los cuales se obtuvieron un mejor resultado en cuanto a la altura de la planta, lo que coincide con lo encontrado por Cardona & Restrepo, (2021), quienes encontraron una mejor respuesta en cuanto a la altura de la planta de maíz transgénico FR- Bt1 luego de haber aplicado fertilización química con un 75 % NPK seguido de 100 % NPK. Igualmente, Martínez Reyes, (2018), informa que, con diferentes aplicaciones de N, P y K en maíz, se mejora la altura de la planta. La aplicación de nitrógeno se ha asociado con mejoras en el Índice de Área Foliar (IAF) y la Duración del Área Foliar Total (DAFT), lo que sugiere una mayor capacidad fotosintética y acumulación de biomasa. En teoría, el nitrógeno aplicado podría favorecer un período vegetativo más largo y un período de llenado del grano más prolongado, lo que permitiría una mayor intercepción de radiación y una tasa fotosintética más alta, resultando en una mayor producción de fotoasimilados y, en consecuencia, mayores rendimientos. Sin embargo, en esta tesis no se realizaron estudios específicos que validen estas afirmaciones mediante pruebas de significancia se recogieron datos de altura bajo fertilización química y orgánica. Lafitte, (2001); Rodríguez, (2014).

En el T2, con una combinación del 50% de fertilización orgánica y el 50% química, se observó un mejor desarrollo de las plantas, en línea con los hallazgos de Álvarez, (2016) quienes destacaron las propiedades nutricionales del fertilizante orgánico. Sin embargo, Aguirre & Alegre, (2015) encontraron resultados bajos con la aplicación de abonos orgánicos en el cultivo de maíz. El T5 fue el tratamiento que produjo las mayores alturas, indicando una buena asimilación de nutrientes por parte del maíz. Además, dosis específicas de K₂O aumentaron la biomasa y la absorción de nutrientes.

Ilustración 13. Altura inserción de la mazorca por Tratamiento.

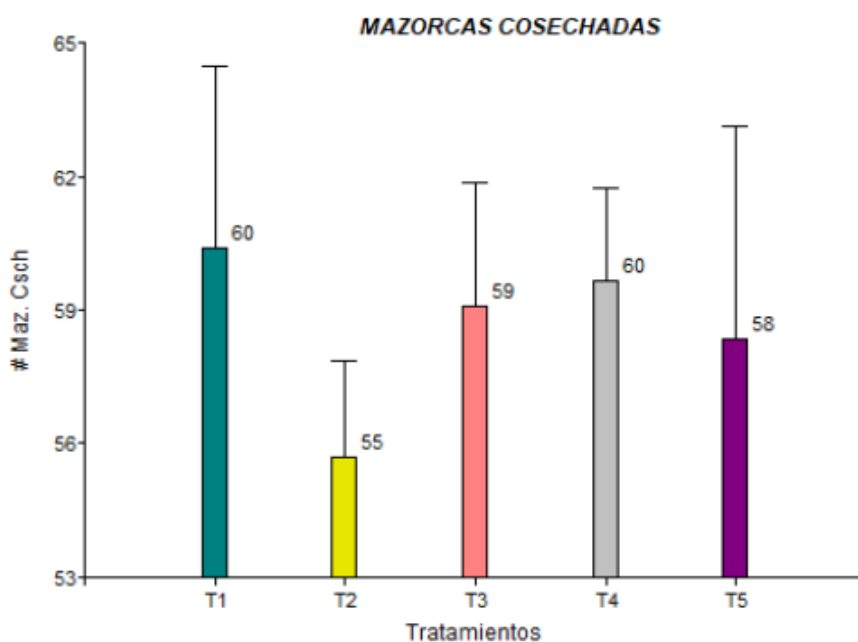


Se realizó una prueba de normalidad para la variable "altura de Inserción de mazorca", confirmando que los datos siguen una distribución normal, con un valor de $p = 0,0374$. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de ANOVA que reveló diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0,05$). Estos hallazgos fueron respaldados por la prueba de Tukey al 95% (**ANEXO 15**), que identificó grupos de tratamientos con medias diferentes entre sí. Debido a la normalidad de los datos, se optó por utilizar un análisis paramétrico para este estudio.

El T3 (Fertilización Química 100%) y T5 (Fertilización recomendada por la ficha técnica del maíz INIAP 103), que utilizaron una fertilización más completa, presentaron las mayores alturas de inserción de la mazorca, comparables a los tratamientos T1 y T2 que empleaban abonos orgánicos. A medida que las plantas aumentan de tamaño, también incrementan el número de hojas y la altura de inserción de la mazorca, lo cual contribuye a una mayor producción de biomasa. Las plantas más altas generalmente tienen mayores rendimientos, aunque estos pueden estar influenciados por factores ambientales. La altura de inserción de la mazorca depende de la variedad de la planta, su edad y condiciones como la luz y la humedad, siendo esencial el suministro de nitrógeno para estimular el crecimiento y la fotosíntesis.

Estudios previos de Corrales, (2015), confirman estos hallazgos, señalando que tanto la densidad de plantación como las condiciones ambientales son determinantes para la altura de la mazorca y el rendimiento del cultivo, ya que fomentan el crecimiento de las hojas y la fotosíntesis mediante el crecimiento y la división celular. Estos resultados son consistentes con nuestros hallazgos para esta variable. La altura de inserción de la mazorca puede deberse a la constitución genética propia de cada material genético, influenciada por el nivel de fertilización. La longitud de la mazorca podría estar relacionada con el aporte de nitrógeno durante la fertilización. Nuestra investigación coincide con los estudios de Díaz-Chuquizuta, (2022) donde menciona en su estudio, que el fertilizante NPK alcanzó la mayor altura de mazorca, seguido por el estiércol líquido de bovino y el testigo, que no mostraron diferencias estadísticas significativas entre sí ($p > 0,05$).

Ilustración 14, Mazorcas cosechadas por Tratamiento



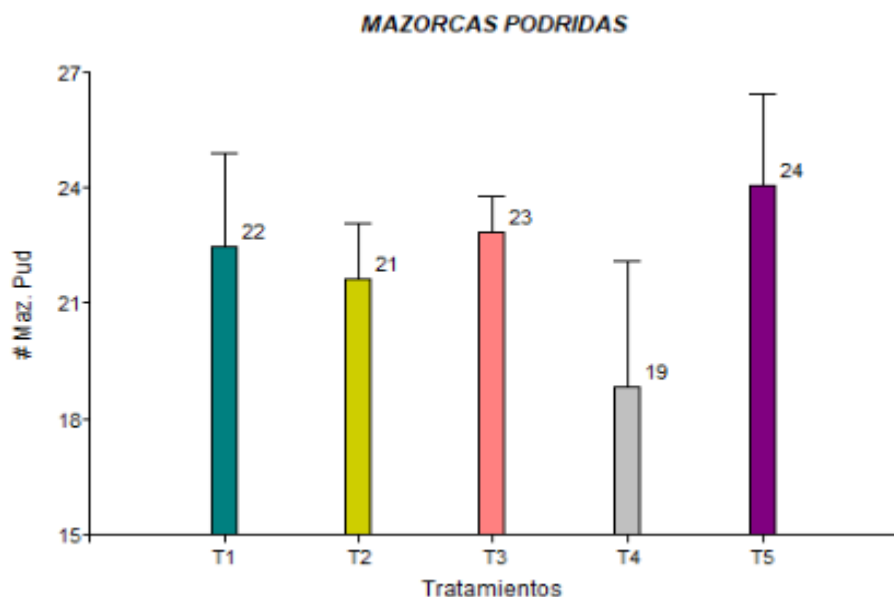
Elaboración: Martin Cuesta.

El análisis estadístico realizado indica que no hay diferencias significativas en las mazorcas cosechadas entre los tratamientos evaluados, como lo confirma el valor de $p=0,8794$, obtenido del ANOVA que es mayor que el nivel de significancia (0,05). La prueba de Tukey al 95% también respalda esta conclusión. A pesar de que no hubo diferencias estadísticas

en mazorca cosechadas, se observó que el T1 tuvo el mayor número de mazorcas por planta, mientras que el T2 mostró el menor valor en esta medida.

Los abonos orgánicos aportan numerosos beneficios al suelo, proporcionando materia orgánica humificada y nutrientes, y se ha demostrado que pueden prevenir y controlar la severidad del ataque de patógenos del suelo Pedroza y Samaniego, (2003). Diversos autores aseguran que el manejo alternativo en el cultivo puede brindar mayores beneficios económicos al agricultor. En esta investigación, el tratamiento T1 mostró un mayor número de mazorcas cosechadas comparado con otros tratamientos. Según Medina-Hoyos, (2020) la calidad del fertilizante orgánico mejora la capacidad de intercambio catiónico, lo que provee elementos nutritivos esenciales para el desarrollo fisiológico adecuado, y es posible que el fertilizante orgánico haya estimulado el desarrollo radicular, incrementando la absorción de agua y nutrientes Aguilar Carpio, (2015). Aunque el número de mazorcas por planta fue estadísticamente similar entre tratamientos, el contenido nutricional del suelo permitió un desarrollo y producción adecuados, como lo evidencian Pupiro, (2004), quienes encontraron un incremento del 17% en el rendimiento al usar abonos orgánicos. Este estudio concuerda con sus hallazgos, mostrando que el rendimiento del T1 depende de la calidad del abono orgánico, no de la dosis aplicada. Gómez-Cerna MJ, (2021), también observó que el número de mazorcas por planta no se alteró con el abono orgánico, pero sí influyó directamente en el rendimiento.

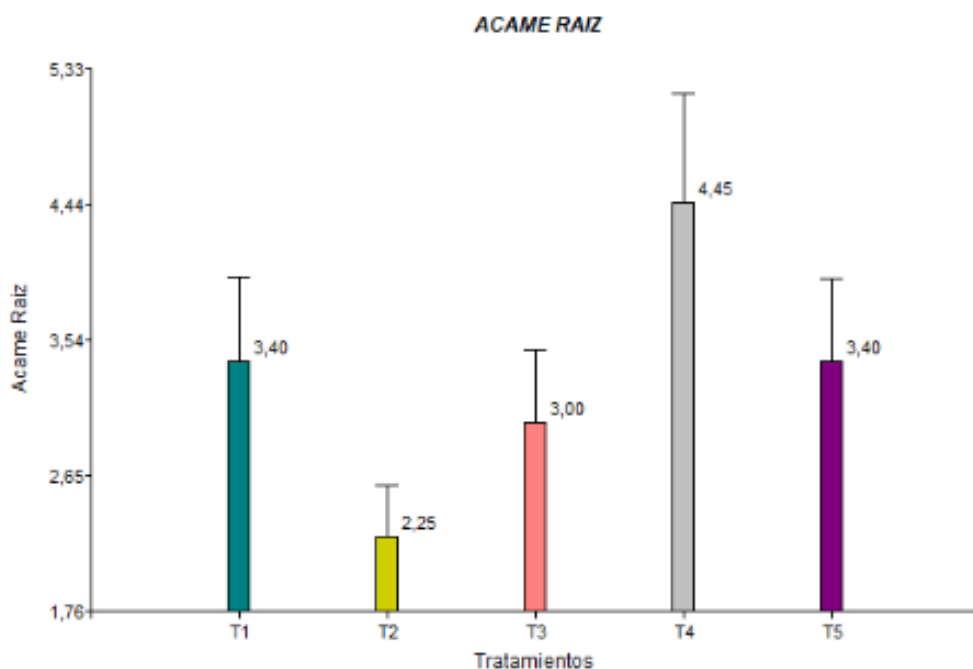
Ilustración 15, Mazorcas podridas por cada Tratamiento.



Elaboración: Martin Cuesta.

Después de analizar detenidamente los datos, encontramos que el valor de probabilidad ($p=0,5581$) es significativamente superior a nuestro nivel de significancia elegido (0,05). Esto indica que las variables siguen una distribución normal, lo que nos permite utilizar análisis paramétricos. La variedad INIAP-103 ha demostrado una notable adaptabilidad, desde zonas bajas como Guayas y Santa Elena hasta altitudes tan elevadas como 2,650 msnm en Sígfig, Azuay. Sin embargo, se observa una variación en el porcentaje de choclos de primera, segunda y tercera clase en función de la altitud, lo que respalda la fiabilidad de esta semilla local y sus buenos resultados en rendimiento en seco, como se ha constatado en ensayos en Bullcay, Gualaceo, a 2,230 msnm. Moreno y Pintado, (2013)

Además, estudios anteriores señalan que la adaptabilidad de las plantas a los entornos agroclimáticos influye significativamente en la productividad y calidad de los frutos, lo que respalda nuestra observación. En este sentido, la variedad de maíz Pioneer F. emerge como la más adecuada para la zona, respaldada por investigaciones previas en áreas similares. El manejo adecuado de patógenos y las condiciones homogéneas de evaluación refuerzan la confianza en los resultados obtenidos. Sin embargo, se observa que el uso de fertilizantes orgánicos o químicos no afecta significativamente el peso de la semilla, pero sí influye en otros aspectos, como la incidencia de mazorcas podridas. Esto se relaciona con investigaciones que destacan el efecto positivo del nitrógeno en la calidad y rendimiento del cultivo.

Ilustración 17. Acame de raíz por cada Tratamiento.

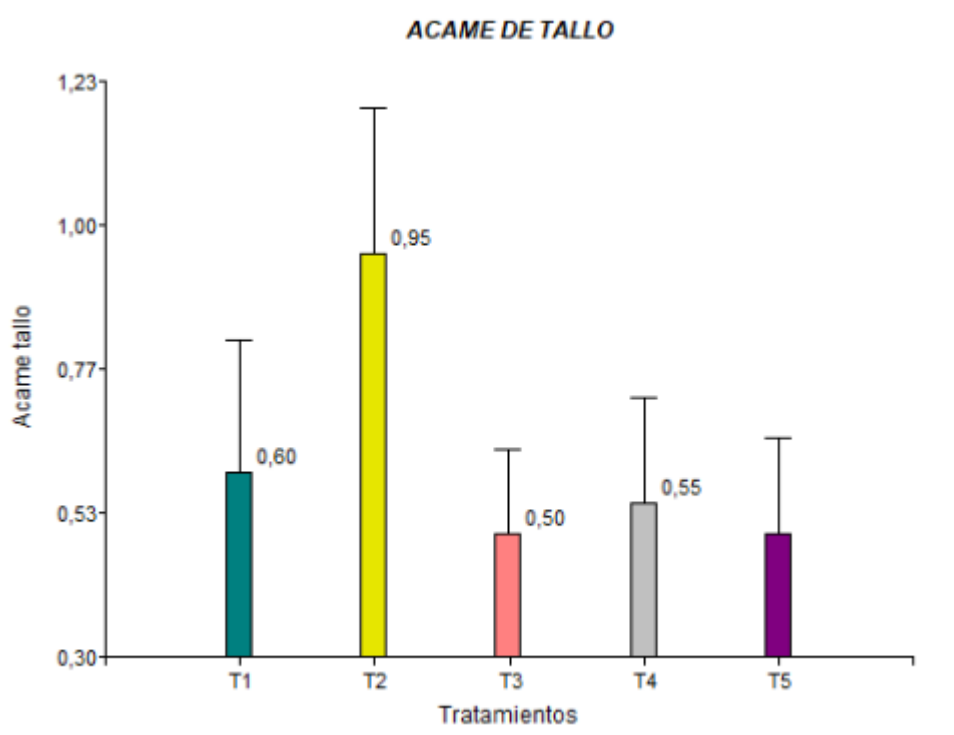
Elaboración: Martin Cuesta.

El análisis de varianza de los rangos mediante el método de Kruskal–Wallis mostró diferencias significativas entre los tratamientos en las evaluaciones realizadas semanas después de la siembra. El valor de probabilidad (p) fue menor que el nivel de significancia elegido (0,05), lo que permitió rechazar la hipótesis nula y utilizar análisis no paramétricos debido a que las variables no seguían una distribución normal

Los hallazgos coinciden con Álvarez, (2016), quien destacó que la relación órgano-mineral con fuente nitrogenada (urea) y el uso de fertilizantes orgánicos mejoran el desarrollo y peso de la mazorca, así como las propiedades nutricionales del cultivo. Sin embargo, es crucial reconocer las limitaciones de este estudio. El tamaño de la muestra y la variabilidad ambiental son factores que pueden haber influido en los resultados y deben ser considerados al interpretar los hallazgos. Además, se encontró que el suelo de textura franca es ideal para el cultivo de maíz, ya que permite un desarrollo óptimo del sistema radicular. Los suelos arcillosos no son recomendables debido a su alta retención de humedad, que reduce el aire en el suelo, esencial para el desarrollo de la planta y la prevención del acame. Aunque la aplicación de enraizadores se ha asociado generalmente

con un sistema radicular más robusto y un mejor anclaje de las plantas, no se cuenta con datos específicos sobre la biomasa, peso o volumen del sistema radicular en este estudio. Por lo tanto, no se puede confirmar con certeza que el enraizador haya incrementado el rendimiento del grano basándose únicamente en las observaciones generales. Además, se observó que un pH del suelo entre 6 y 7 mejora la producción. Estos hallazgos también coinciden con Martínez Reyes, (2018) quienes destacaron que la relación órgano-mineral con fuente nitrogenada (urea) y el uso de fertilizantes orgánicos mejoran el desarrollo y peso de la mazorca, variables que se relacionan directamente con la variable acame, así como las propiedades nutricionales del cultivo.

Ilustración 18. Acame de tallo por cada Tratamiento.



Elaboración: Martin Cuesta.

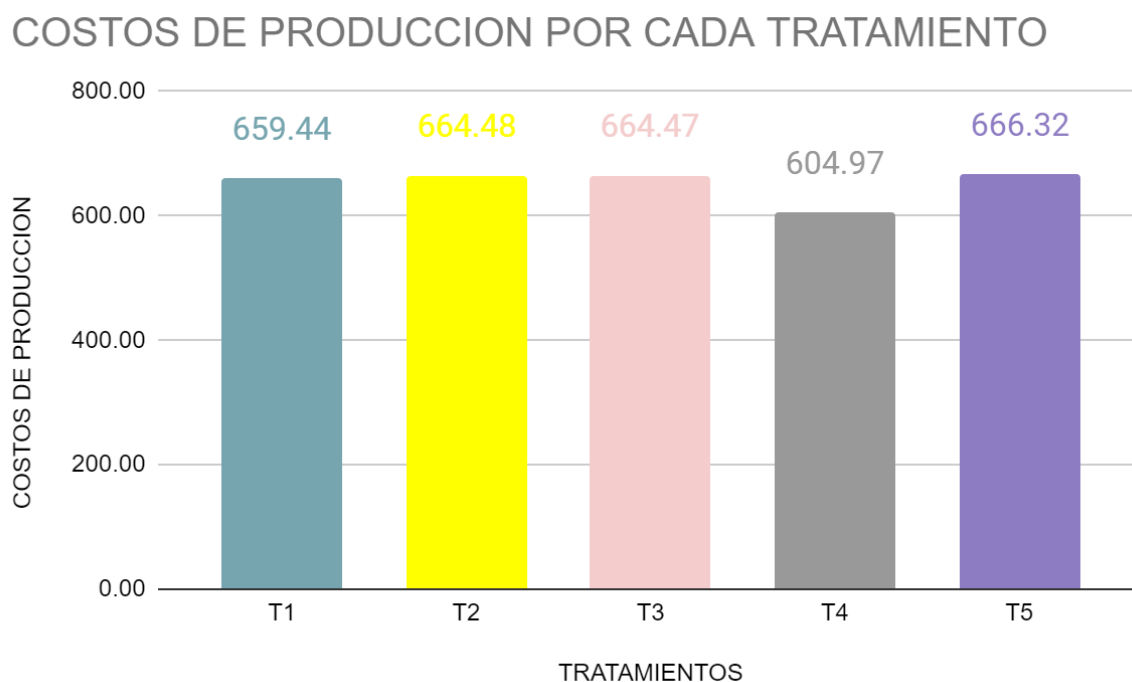
El análisis de varianza de los rangos mediante el método de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas entre los tratamientos en las evaluaciones realizadas semanas después de la siembra. El valor de probabilidad (p) fue menor que el nivel de significancia elegido (0,05), lo que permitió rechazar la hipótesis nula. Debido a que las variables no seguían una distribución normal, se utilizaron análisis no paramétricos, enfocándose en las medianas para evaluar las diferencias entre los tratamientos.

Existen dos tipos de acame: a) el acame de tallo, que se presenta cuando el tallo se dobla o se rompe por debajo de la mazorca Poehlman, (1995) y b) el acame de raíz, que ocurre cuando la estructura de la raíz es incapaz de sostener el peso de la parte aérea de la planta (Arellano, 2000). Respecto al acame de tallo, se considera que la altura de planta es uno de los caracteres predominantes que lo determinan. Esechie, (1985), observó una correlación positiva entre la longitud basal de los entrenudos del tallo y el acame. Asimismo, Vaidya y Mahab, (1988), indican que la altura de la planta propicia que se intensifique la fuerza de movimiento del viento y ambos incrementan el peso soportado por los entrenudos inferiores del tallo, lo que promueve el acame. Kiel, (1992), encontró que el acame se correlaciona negativamente con el diámetro basal del entrenudo, el grosor de la corteza y el peso de la sección basal de los entrenudos del tallo.

4.3 Costos de Producción

Análisis Costo-Beneficio

Ilustración 19. Costos de Producción por cada Tratamiento.



Elaboración: Martin Cuesta.

El gráfico muestra que los costos de producción varían entre tratamientos, con **T4** siendo el más económico (604.97 USD/ha) y **T5** el más costoso (666.32 USD/ha), mientras que **T2** y **T3** tienen costos casi idénticos (664.48 y 664.47 USD/ha), y **T1** se sitúa en un punto intermedio (659.44 USD/ha). La diferencia máxima de **61.35 USD/ha** entre T4 y T5 no es significativa, pero puede influir en la rentabilidad dependiendo del rendimiento de cada tratamiento.

Tabla 18. Cuadro de Rentabilidad y Beneficio-Costo por cada tratamiento

Tratamiento	Rendimiento (t/ha)	Ingreso por Venta (USD/ha)	Costo de Producción (USD/ha)	Rentabilidad (USD/ha)	Costo-Beneficio
T1 (Biofertilizante 100%)	3,14	1,193.20	659.44	533.76	0.81
T2 (Fertilización Orgánica y Química 50%)	3,35	1,273.00	664.48	608.52	0.92
T3 (Fertilización Química 100%)	3,38	1,284.40	664.47	619.93	0.93
T4 (Fertilizante no especificado)	3,332	1,266.16	604.97	661.19	1.09
T5 (Fertilización recomendada por ficha técnica del maíz INIAP 103)	3,66	1,390.80	666.32	724.48	1.09

Elaboración: Martin Cuesta.

En resumen, el tratamiento **T5** destaca como la opción más eficiente desde el punto de vista económico y productivo. Su combinación de alto rendimiento (3.66 ton/ha), rentabilidad (724.48 USD/ha), y una relación costo-beneficio favorable (1.09), lo convierte en la mejor alternativa para maximizar los ingresos y asegurar la sostenibilidad económica del cultivo de maíz. Por otro lado, aunque **T4** también presentó una relación costo-beneficio favorable, su rendimiento y rentabilidad fueron inferiores a los de T5. Los tratamientos **T1**, **T2**, y **T3** no son económicamente viables a largo plazo debido a su relación costo-beneficio desfavorable, lo que sugiere que requieren ajustes en las prácticas de fertilización para mejorar su desempeño.

5. Conclusiones

El análisis de costos, rentabilidad y rendimiento en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) revela una compleja interrelación entre las prácticas de fertilización y la sostenibilidad económica de la producción agrícola. Aunque los tratamientos de fertilización presentaron variaciones en el rendimiento, las prácticas más efectivas en términos de costos y resultados agronómicos fueron aquellas que alinearon las recomendaciones de fertilización del INIAP 103 Mishqui Sara y la fertilización química al 100%, lo que se tradujo en mayores rendimientos y, por ende, en una mejor rentabilidad.

La combinación de fertilización orgánica y química (T2) mostró ser una alternativa viable no solo por su competitividad en rendimiento, sino también por su capacidad para reducir costos a largo plazo al disminuir la dependencia de insumos químicos. Esto sugiere que el uso estratégico de abonos orgánicos puede contribuir a una rentabilidad sostenida, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles y económicas.

Por otro lado, el uso exclusivo de biofertilizantes (T1) evidenció limitaciones en términos de rendimiento y, por ende, de rentabilidad, lo que plantea la necesidad de un enfoque más equilibrado que considere la integración de diferentes fuentes de nutrientes. A nivel de costos, la gestión adecuada de insumos y la optimización de prácticas de fertilización se convierten en factores críticos para mejorar la eficiencia económica del cultivo de maíz.

En conclusión, el estudio enfatiza la importancia de una gestión integral de fertilización que no solo maximice el rendimiento agronómico, sino que también considere la rentabilidad y los costos asociados. La adopción de estrategias de fertilización diversificadas y adaptadas a las condiciones locales puede ser clave para alcanzar una producción de maíz más rentable y sostenible en el tiempo.

6. Recomendaciones

- **Aumentar el tamaño de muestra y las repeticiones experimentales:** Para obtener resultados estadísticamente más robustos, se recomienda incrementar el número de parcelas y repeticiones en cada tratamiento. Un mayor tamaño de muestra reduce la variabilidad y dispersión de los datos, mejorando la precisión del análisis estadístico. Al aumentar el número de repeticiones, se disminuye el efecto de factores aleatorios como diferencias microambientales en el campo o variabilidad climática, lo que permite detectar diferencias más significativas entre los tratamientos de fertilización.
- **Monitorear la variabilidad climática y su impacto en la fertilización:** Las condiciones climáticas, como la precipitación y la temperatura, pueden influir significativamente en la eficiencia de los fertilizantes y el desarrollo del cultivo. Se recomienda un seguimiento más detallado de los factores climáticos durante el ciclo de cultivo, especialmente en zonas con alta variabilidad climática. Para mejorar la precisión de la investigación, se sugiere incorporar sensores de humedad en el suelo, lo que permitiría evaluar en tiempo real la disponibilidad de agua y su interacción con los nutrientes.
- **Cosechar el maíz en estado de grano tierno:** puede ofrecer ventajas significativas en términos de calidad y valor nutricional. Aunque en el presente experimento se realizó la cosecha en seco siguiendo las directrices del INIAP, se sugiere considerar la recolección en grano tierno para minimizar las pérdidas por daño de aves.

7. Referencias

- Valladares, C. A. (2010). *Taxonomía, Botánica y Fisiología de los cultivos de grano*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE HONDURAS, DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL ASIGNATURA CULTIVOS DE GRANO, La Ceiba, Honduras. Obtenido de <https://curlacavunah.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/04/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf>
- Aguilar Carpio, C. E. (2015). Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. *Terra Latinoamericana*, 51-62.
- Aguirre, G., & Alegre, J. (2015). Uso de fuentes no convencionales de nitrógeno en la fertilización del maíz (*Zea mays* L .), en Cañete (Perú). I: Rendimiento y extracción de N , P y K. *Ecología Aplicada*, 157-162.
- Alban, e. a. (2023). Memorias del II Simposio Ecuatoriano del Maíz Ciencia, Tecnología e Innovación. *USFQ*, 49 1-63.
- Alvarado, L. (2002). *Respuesta del maíz (Zea mays L.) a la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y zinc en suelos del norte de Tamaulipas*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN, Tamaulipas, Mexico. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/932>
- Álvarez, R. S. (2016). . Fuentes y dosis de nitrógeno en la productividad del maíz amarillo duro bajo dos sistemas de siembra. Obtenido de Fuentes y dosis de nitrógeno en la productividad del maíz amarillo duro bajo dos sistemas de siembra. *Dialnet*.
- Amanullah, e. a. (2016). Potassium management for improving growth and grain yield of maize (*Zea mays* L.) under Moisture Stress Condition. *Scientific Reports*, 1-12.
- Arellano, e. a. (2000). Efecto del Ethrel sobre el acame, el rendimiento y sus componentes en las variedades de maíz V-18 y H-139. *FITOTECNIA*.
- Arguello, V. (2022). *DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES FOLIARES EN EL CULTIVO DE MAÍZ (ZEAS MAYS) DEL CANTÓN LA JOYA DE LOS SACHAS PROVINCIA DE ORELLANA*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, El Coca-Ecuador.

Obtenido

de

<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/19039/1/13T01077.pdf>

Arteaga Escamilla, e. .. (2011). *variedad de maíz de grano amarillo para los Valles Altos de México*. Mexico. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802011000200014

Azcon , J., & Talon, M. (2013). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Barcelona, España: MonoComp, S. A. Obtenido de <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>

Basantes, E. (2015). Manejo de cultivos andinos en el Ecuador. . *Universidad de las fuerzas armadas.*, 11.

Boada, R., & Espinosa, J. (2016). Factores que limitan el potencial de rendimiento del maíz de polinización abierta en campos de pequeños productores de la Sierra de Ecuador. *SIEMBRA*, 67-82.

Cardona Restrepo, K. T. (2021). Efecto de diferentes tipos de fertilizantes en el crecimiento del maíz criollo, Capachi morado, en el municipio de Andes, Antioquia. *Temas Agrarios*, 140-151.

Cassman , K., & Grassini, P. (01 de 04 de 2020). A global perspective on sustainable intensification research. *Nature Sustainability*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/340707484_A_global_perspective_on_sustainable_intensification_research

CEPAL, FAO, IICA. (2013).). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas*. Santiago, Chile. Obtenido de <https://www.fao.org/4/i3788s/i3788s.pdf>

Chang, e. a. (2023). Multiomics comparative analysis of the maize large grain mutant tc19 identified pathways related to kernel development. . *BMC Genomics*.

Corrales, L. A. (2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. *NOVA*, 55-81.

Cruz Ramírez, M. (2017). *Efecto de cuatro densidades de siembra y cuatro dosis de fertilizante N-P-K en el desarrollo y rendimeinto del maíz (Zea mays L.)*, . 21 p. *Consu*. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Tegucigalpa, Honduras.

Obtenido de
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/756160fe-9171-4813-8c0d-15e6986e0a42/content>

Da Silva-Gomes, J. N.-D. (2019). Growth and mineral composition of the melon with different doses of phosphorus and organic. *DYNA*, 363-368. Obtenido de <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n211.69776>.

Deaville, A. y. (2011). *Producción de maíz con compost enmendado con estiércol*. Florida,USA: Notas de investigación de ECHO 2(1). Obtenido de <https://www.echocommunity.org/es/resources/9685541c-57ae-4b15-8e94-081e19dbc844>

Díaz-Chuquizuta, P. H.-M.-S.-R. (2022). RESPUESTA DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) A LA APLICACIÓN FOLIAR DE ABONOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 144-153.

Esechie, J. (1985). Relationship of stalk morphology and chemical composition to lodging resistance in maize (*Zea mays* L.) in a rainforest zone. . *The Journal of Agricultural Science*, 459-463.

Fabian, N. (30 de 12 de 2020). Comparativo de rendimiento en híbridos nacionales e internacionales de maíz bajo condiciones del valle de Pativilca, Lima, Perú. *Peruvian Agricultural Research*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/351843582_Comparativo_de_rendimiento_en_hibridos_nacionales_e_internacionales_de_maiz_bajo_condiciones_del_valle_de_Pativilca_Lima_Peru

García, e. a. (27 de 08 de 2020). *Respuesta del cultivo de maíz a concentraciones de estiércol bovino digerido en clima tropical húmedo*. Manglar. Instituto Nacional de Innovación. San Martin, Peru: Universidad Nacional de Tumbes. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12955/1373>

García, J. P. (2008). *Relación del índice de verdor con la aplicación de nitrógeno en diez híbridos de maíz*. Programa de Manejo de Suelos y Nutrición. Colombia: FENALCE. Obtenido de [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/40ad1eee26c802f005257a5300510c6d/\\$FILE/Relacion%20del%20indice%20de%20verdor.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/40ad1eee26c802f005257a5300510c6d/$FILE/Relacion%20del%20indice%20de%20verdor.pdf)

- Garcia, J., & et, a. (2011). *Nutrición del cultivo de maíz*. En Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Bogota, Colombia.
- Gherzi, M. (2016). Efecto a la fertilización de Zinc en seis series de suelo de la Provincia de Córdoba para el cultivo de maíz. *RDU*.
- Gómez-Cerna MJ, C. R.-S. (2021). Comportamiento agronómico de accesiones de maíz de Honduras bajo estrés de sequía. *CEIBA*, 36-51.
- Gonzales , B. (2020). *Influencia de las variables climáticas en el rendimiento de cultivos transitorios en la provincia de Los Ríos*. Los Rios, Ecuador: Revista del Centro de Investigaciones,47(4),54-64. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v47n4/0253-5785-cag-47-04-54.pdf>
- INEC. (2023). *Manual del encuestador y supervisor r "Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC"*. Instituto Nacional de Estadística y Censos, Quito. Recuperado el 2024, de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Boletin_tecnico_ESPAC_2023.pdf
- INIAP. (2011). *Manejo de nutrientes por sitio en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Quito, Ecuador. Obtenido de [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/40ad1eee26c802f005257a5300510c6d/\\$FILE/M%20Nutrientes.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/40ad1eee26c802f005257a5300510c6d/$FILE/M%20Nutrientes.pdf)
- Jing, J. Z. (2023). GWAS and Meta-QTL Analysis of Yield-Related Ear Traits in Maize. . *Plants*.
- Kiel, S. P. (1992). Root morphology of maize and its relationship to root lodging. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 113-118. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1992.tb00987>.
- Kirkby, E. (2012). *Introduction, Definition and Classification of Nutrients*. San Diego, EEUU. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/367303984_Introduction_definition_and_classification_of_nutrients
- Lafitte, H. R. (2001). El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. *FAO*. Obtenido de <https://www.fao.org/4/X7650S/x7650s00.htm#toc>

- Lagunes, D. e. (2018). *Evaluación de diferentes niveles de composta como estrategia de fertilización en el Cultivo de maíz (Zea mays L.)*. Instituto Tecnológico de Uruapan, Michoacán, México. Obtenido de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/147/122>
- Li, Y. Y. (2023). The Genetic Structures and Molecular Mechanisms Underlying Ear Traits in Maize (*Zea mays* L.). *Cells*.
- Mao, S. W. (2023). Evaluation of CERESMaize model for simulating maize phenology under variable irrigation and nitrogen levels. . *Springer*, 455-467.
- Mario, R., & al, e. (2014). Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los Valles Altos de México. . *Revista fitotecnia mexicana*, 351-361.
- Martínez Reyes, L. A. (2018). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores, Chiapas, México. *Siembra* ,. *Scielo*, 26-37.
- Martínez, e. a. (2018). *Biofertilización y fertilización química en maíz (Zea mays L.) en Villaflores, Chiapas, México*. Chiapas, México. Obtenido de <https://doi.org/10.29166/siembra.v5i1.1425>
- Medina-Hoyos, A. N.-L.-C. (2020). Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina. *Scientia Agropecuaria*, 291-299.
- MELGAR, e. a. (2001). - Fertilización de maíz con boro y zinc tus of soils. . *FAO Soils Bull.*, 48.
- Miramontes, E., Cruz, E., & Ellsworth, B. (2008). *Fenología del maíz*. Guadalajara, México. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/345684467/Fenologia-Del-Maiz>
- Morales, e. a. (2019). *Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales*. Mexico: Revista mexicana de ciencias agrícolas. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342019000801875
- Egüez Moreno, J., & Pintado, P. (2013). *INIAP-103 "Mishqui Sara", Nueva variedad de maíz blanco harinoso para consumo humano*. Cuenca, Ecuador: Cuenca, EC:

- INIAP, Estación Experimental del Austro, Programa de Maíz, 2013. Recuperado el 2024, de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2342>
- Ospina, J., & Duarte, C. (2011). *Fisiología de la planta de maíz*. Fondo Nacional Cerealista, Bogota, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/7370568a-3c67-43c8-ad4e-4cf0b60885a8/content>
- Pedroza, S., & Samaniego, G. (2003). Efecto del subsuelo, materia organica y difernetes variedades en el patosistema del frijol. *Revista Mexicana*, 272-277.
- Pincay, A. (2023). *Guía para la aplicación de un biofertilizante en el cultivo de maíz de la Sierra ecuatoriana*. INIAP, E. E. Santa Catalina. Quito, Ecuador: Quito, EC: INIAP-EESC, 2023. Obtenido de [file:///C:/Users/HP/Downloads/Gu%C3%ADa%20Fertibacter%20-%20Ma%C3%ADz%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/Gu%C3%ADa%20Fertibacter%20-%20Ma%C3%ADz%20(2).pdf)
- Pinto, M., & Abad , A. (2017). VALOR CULTURAL DEL MAÍZ Y TECNOLOGÍAS ANCESTRALES EN LA PARROQUIA CAYAMBE DE ECUADOR. *Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, 2 47-60.
- PIONEER. (2015). *Obtenido de Maíz crecimiento y desarrollo*. Iowa, Estados Unidos. Obtenido de https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chil
- Poehlman, J. M. (1995). Breeding field crops. 4th Iowa State . *University Press* .
- Pretty, J. (23 de 11 de 2018). Intensification for redesigned and sustainable agricultural systems. *Science*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/329145811_Intensification_for_redesigned_and_sustainable_agricultural_systems
- Pupiro, e. a. (2004). Efecto del humus de lombriz en el rendimiento y las principales plagas insectiles en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 89-95.
- Quiroz, A. I., & Mulas, R. (2005). Acumulación de NPK en tejido y su eficiencia de uso para la producción de granos, en una asociación trigo (*triticum aestivum*) y arveja (*pisum sativum*). *Bioagro*, 99-108. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612005000200005&lng=es&nrm=iso. ISSN 1316-3361.

- Ramesha, V. &. (2023). Morphological characterization, pathogenicity screening, and molecular identification of *Fusarium* spp. isolates causing post-flowering stalk rot in maize. *Frontiers in Plant Science*.
- Raya, e. a. (2012). Calidad física y fisiológica de semilla en función de la densidad de población en dos híbridos de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 633-641. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n4/v3n4a1.pdf>
- Rodriguez, C. (14 de 11 de 2014). *ENRIQUECIMIENTO DE MICROORGANISMOS FIJADORES DE NITRÓGENO DE VIDA LIBRE PROVENIENTES DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS*. UNIVERSIDAD DEL VALLE , ESCUELA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE EIDENAR, Santiago de Cali, Colombia. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/317588694>
- Rosero, J., & Bolaños, D. (2018). *Adición de magnesio, azufre, zinc y boro en el cultivo de maíz, híbrido atl 200*. Universidad de Nariño, Programa de Ingeniería Agronomica. Pasto, Colombia: SIREDA. Obtenido de <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/5453>
- Salazar, G. (2018). Obtenido de *Evaluación de indicadores morfofisiológicos de maíz variedad tusilla, en distancias de siembra y tipos de fertilización*. Tena, Ecuador: Repositorio UEA. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/>
- Sánchez, E. O. (2012). Rastrojo de maíz tratado con urea y metionina protegida en dietas para ovinos en crecimiento. *Interciencia*, 395-399.
- Sanchez, I., & Perez, E. (2014). *Maíz I (Zea mays)*. Madrid, España. Obtenido de <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/1739/1776>
- Schütz, e. a. (2018). Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization—A global meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 8.
- Shen, Y. Z. (2023). Responses and sensitivities of maize phenology to climate change in Henan Province. *PLOS ONE*.
- Tirado, R. (2020). Identification of pigmented-fleshed potato clones of high marketable yield and better frying quality: Stability and multivariate analysis of genotype environment interaction. *Scientia Agropecuaria.*, 323-334. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.04>

Vaidya, S., & Mahab, R. (1988). Highlights of research on lodging resistance in cereals (wheat, maize and barley). *Karnal India ICAR*, 32-46.

Velásquez, e. a. (2021). *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana*. INIAP, Quito, Ecuador. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/GUIA%20CULTIVO%20DE%20MAIZ%202021-1%20(3).pdf

Vélez, e. a. (2018). Vélez-Torres Marcelina, García-Zavala J. Jesús, Lobato-Ortiz Ricardo, Benítez-Riquelme Ignacio, López-Reynoso J. Jesús, Mejía-Contreras José A. et al . *Revista fitotecnia mexicana*, 167-175.

Yanez, & et al. (2003). *Catálogo de recursos genéticos de maíces de altura ecuatorianos*. Quito, Ecuador: Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz, 2003. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/43>

Yanez, C., & et, a. .. (2013). *Guía de Producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras*. Iniap, Quito. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/iniapscg96%20(2).pdf

8. Anexos

Anexo A. Análisis estadístico variable Altura

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Altur Plt.	100	1,84	0,32	0,98	0,4276

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,28	4	0,07	0,66	0,6224
Tratamientos	0,28	4	0,07	0,66	0,6224
Error	9,95	95	0,10		
Total	10,22	99			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,28455

Error: 0,1047 gl: 95

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4	1,75	20	0,07 A
T1	1,80	20	0,07 A
T2	1,86	20	0,07 A
T3	1,88	20	0,07 A
T5	1,89	20	0,07 A

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

Anexo B. Análisis estadístico variable altura inserción de mazorca.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Altur Maz.	100	0,91	0,19	0,98	0,3672

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altur Maz.	100	0,10	0,06	19,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,35	4	0,09	2,66	0,0374
Tratamientos	0,35	4	0,09	2,66	0,0374
Error	3,11	95	0,03		
Total	3,46	99			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,15923

Error: 0,0328 gl: 95

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4	0,82	20	0,04 A
T2	0,88	20	0,04 A B
T1	0,89	20	0,04 A B
T5	0,96	20	0,04 A B
T3	0,99	20	0,04 B

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

Anexo C. Análisis estadístico variable de mazorcas cosechadas.**Shapiro-Wilks (modificado)**

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
# Maz. Csch	25	58,52	7,46	0,98	0,9720

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	73,84	4	18,46	0,29	0,8794
Tratamientos	73,84	4	18,46	0,29	0,8794
Error	1262,40	20	63,12		
Total	1336,24	24			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=15,03590

Error: 63,1200 gl: 20

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	55,40	5	3,55 A
T5	58,20	5	3,55 A
T3	59,00	5	3,55 A
T4	59,60	5	3,55 A
T1	60,40	5	3,55 A

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

Anexo D. Análisis estadístico variable mazorcas podridas.**Shapiro-Wilks (modificado)**

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
# Maz. Pud	25	21,72	4,87	0,96	0,6871

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	75,84	4	18,96	0,77	0,5581
Tratamientos	75,84	4	18,96	0,77	0,5581
Error	493,20	20	24,66		
Total	569,04	24			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9,39815

Error: 24,6600 gl: 20

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4	18,60	5	2,22 A
T2	21,40	5	2,22 A
T1	22,20	5	2,22 A
T3	22,60	5	2,22 A
T5	23,80	5	2,22 A

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

Anexo E. *Análisis estadístico variable acame de raíz y tallo.*

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
# Acame Raiz	100	3,30	2,48	0,88	<0,0001

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
# Acame Raiz	T1	20	3,40	2,50	2,50	6,03	0,1848
# Acame Raiz	T2	20	2,25	1,48	2,00		
# Acame Raiz	T3	20	3,00	2,13	2,00		
# Acame Raiz	T4	20	4,45	3,22	4,00		
# Acame Raiz	T5	20	3,40	2,46	3,00		

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
# Acame Raiz	100	3,30	2,48	0,88	<0,0001

Anexo F. Prueba de normalidad variable (Rendimiento).

VARIABLE	n	Media	D.E	W	p(Unilateral D)
Rendimiento t/ha	25	3.37	0.47	0.92	0.1256

Anexo G. Análisis de la varianza (Rendimiento).

VARIABLE	N	R	R	Aj	CV
Rendimiento t/ha	25	0.13	0.00		14.3

Anexo H. Test de Tukey Tratamiento (Rendimiento).

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Letra
T1	3.14	5	0.22	A
T4	3.32	5	0.22	A
T3	3.35	5	0.22	A
T2	3.38	5	0.22	A
T5	3.66	5	0.22	A

Anexo I. Tipo de análisis por variable.

Variable	ANALISIS
ALT. PLT.	PARAMETRICO
ALTUR. MAZ.	PARAMETRICO
MAZO.COSCH	PARAMETRICO
MAZ.PODR	PARAMETRICO
ACAME RAIZ	NO PARAMETRICO
ACAME TALLO	NO PARAMETRICO

Anexo J. Análisis de la varianza (ALT. PLANTA).

VARIABLE	N	R	R	Aj	CV
Altur Plt.	100	0.03	0.00		17.63

Anexo K. Test de Tukey Tratamiento (ALT. PLANTA).

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Letra
T4	1.75	20	0.07	A
T1	1.79	20	0.07	A
T2	1.86	20	0.07	A
T3	1.88	20	0.07	A
T5	1.89	20	0.07	A

Anexo L. Test de Tukey Repetición (ALT. PLANTA).

Repeticiones	Medias	n	E.E.	Letra	Letra
2	1.75	20	0.07	A	
5	1.76	20	0.07	A	
3	1.76	20	0.07	A	
4	1.84	20	0.07	A	B
1	2.06	20	0.07		B

ALTURA DE INSERCIÓN MAZORCA

Anexo M. Análisis de la varianza (ALT.INSERCIÓN DE MAZORCA).

VARIABLE	N	R	R	Aj	CV
Altur Maz.	100	0.1	0.06		19.97

Anexo N. Test de Tukey Tratamiento (ALT. INSERCIÓN DE MAZORCA).

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Letra	Letra
T4	0.82	20	0.04	A	
T2	0.88	20	0.04	A	B
T1	0.89	20	0.04	A	B
T5	0.95	20	0.04	A	B
T3	0.99	20	0.04		B

ACAME DE RAIZ

Anexo O.Prueba de Kruskal Wallis.

VARIABLE	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
# Acame Raiz	T1	20	3.40	2.50	2.50	6.03	0.18
# Acame Raiz	T2	20	2.25	1.48	2.00		
# Acame Raiz	T3	20	3.00	2.13	2.00		
# Acame Raiz	T4	20	4.45	3.22	4.00		
# Acame Raiz	T5	20	3.40	2.46	3.00		

ACAME DE TALLO

Anexo P.Prueba de Kruskal Wallis.

VARIABLE	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
# Acame tallo	T1	20	0.60	0.94	0.0	2.09	0.625
# Acame tallo	T2	20	0.95	1.05	1.0		
# Acame tallo	T3	20	0.50	0.61	0.0		
# Acame tallo	T4	20	0.55	0.76	0.0		
# Acame tallo	T5	20	0.50	0.69	0.0		

PLANTAS COSECHADAS

Anexo Q. Prueba de Kruskal Wallis.

VARIABLE	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
# Plt. Csch	T1	20	15.5	2.42	15.5	12.23	0.0142
# Plt. Csch	T2	20	14.05	2.61	14.0		
# Plt. Csch	T3	20	16.2	1.85	16.0		
# Plt. Csch	T4	20	16.2	2.24	16.0		
# Plt. Csch	T5	20	16.25	1.97	16.0		

MAZORCAS COSECHADAS

Anexo R.Análisis de la varianza (MAZORCAS COSECHADAS).

VARIABLE	N	R	R	Aj	CV
Altur Maz.	25	0.06	0.00		13.58

Anexo S. Test de Tukey Tratamiento (MAZORCAS COSECHADAS).

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Letra
T2	55.4	5	3.55	A
T5	58.2	5	3.55	A
T3	59	5	3.55	A
T4	59.6	5	3.55	A
T1	60.4	5	3.55	A

MAZORCAS PODRIDAS

Anexo T. Análisis de la varianza (MAZORCAS PODRIDAS).

VARIABLE	N	R	R	Aj	CV
Mazorcas Pud.	25	0.13	0.00		22.86

Anexo U. Test de Tukey Tratamiento (MAZORCAS PODRIDAS).

Tratamientos	Medias	n	E.E.	Letra
T4	18.6	5	2.22	A
T2	21.4	5	2.22	A
T1	22.2	5	2.22	A
T3	22.6	5	2.22	A
T5	23.8	5	2.22	A

Anexo V. Costos de producción Tratamiento 1.

Costos directos					
Fases y actividades	Nombre	Unidad	Cantidad	P. Unit. USD	Subtotal USD
Preparación del suelo					94.97
Análisis de suelo	Análisis	muestra	1	34.97	34.97
Arada	tractor	hora	1	20	20
Rastrada	tractor	hora	1	20	20
Surcada	tractor	hora	1	20	20
Siembra y fertilización					161.49
Semilla	INIAP-103	kg	0.42	3.5	1.47

Siembra	Mano de obra	jornal	6	22.5	135
	Mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
<i>Fertilizacion</i>	Fertibacter	ml	35	0.072	2.52
Labores Culturales					293
Control malezas preemergencia	Atrazina	kg	1	19	19
	Glifosato	L	1	10	10
	mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
	mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Control de plagas	Clorpirifos	L	1	19	19
	Mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Aporque	Tractor	hora	1	20	20
	Mano de obra	jornal	5	22.5	112.5
Riegos	Mano de obra	jornal	2	22.5	45
Cosecha y pos cosecha					112.5
Deshoje	mano de obra	Jornal	5	22.5	112.5
Costo Total				USD	661.96

Anexo W. Costos de producción Tratamiento 2.

Costos directos					
Fases y actividades	Nombre	Unidad	Cantidad	P. Unit. USD	Subtotal USD
Preparación del suelo					94.97
Análisis de suelo	Análisis	muestra	1	34.97	34.97
Arada	tractor	hora	1	20	20
Rastrada	tractor	hora	1	20	20
Surcada	tractor	hora	1	20	20
Siembra y fertilización					163.506
Semilla	INIAP-103	kg	0.42	3.5	1.47
Siembra	Mano de obra	jornal	6	22.5	135
Fertilizantes	10-30-10	kg	1.2	1.68	2.016
<i>Fertilizacion</i>	Fertibacter	ml	35	0.072	2.52
	mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Labores Culturales					293.5

Control malezas preemergencia	Atrazina	kg	1	19	19
	Glifosato	L	1	10	10
	mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Fertilización complementaria	Urea	kg	1	0.5	0.5
	mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Control de plagas	Clorpirifos	L	1	19	19
	Mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Aporque	Tractor	hora	1	20	20
	Mano de obra	jornal	5	22.5	112.5
Riegos	Mano de obra	jornal	2	22.5	45
Cosecha y pos cosecha					112.5
Deshoje	mano de obra	Jornal	5	22.5	112.5
Costo Total				USD	664.48

Anexo X. Costos de producción Tratamiento 3

Costos directos					
Fases y actividades	Nombre	Unidad	Cantidad	P. Unit. USD	Subtotal USD
Preparación del suelo					94.97
Análisis de suelo	Análisis	muestra	1	34.97	34.97
Arada	tractor	hora	1	20	20
Rastrada	tractor	hora	1	20	20
Surcada	tractor	hora	1	20	20
Siembra y fertilización					163.002
Semilla	INIAP-103	kg	0.42	3.5	1.47
Siembra	Mano de obra	jornal	6	22.5	135
Fertilizantes	10-30-10	kg	2.4	1.68	4.032
Fertilización	Fertibacter	ml	0	0	0
	mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Labores Culturales					294

Control malezas preemergencia	Atrazina	kg	1	19	19
	Glifosato	L	1	10	10
	mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Fertilización complementaria	Urea	kg	2	0.5	1
	mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Control de plagas	Clorpirifos	L	1	19	19
	Mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Aporque	Tractor	hora	1	20	20
	Mano de obra	jornal	5	22.5	112.5
Riegos	Mano de obra	jornal	2	22.5	45
Cosecha y pos cosecha					112.5
Deshoje	mano de obra	Jornal	5	22.5	112.5
Costo Total				USD	664.47

Anexo Y. Costos de producción Tratamiento 4

Costos directos					
Fases y actividades	Nombre	Unidad	Cantidad	P. Unit. USD	Subtotal USD
Preparación del suelo					60
Análisis de suelo	Análisis	muestra	1	0	0
Arada	tractor	hora	1	20	20
Rastrada	tractor	hora	1	20	20
Surcada	tractor	hora	1	20	20
Siembra y fertilización					136.47
Semilla	INIAP-103	kg	0.42	3.5	1.47
Siembra	Mano de obra	jornal	6	22.5	135
Labores Culturales					333.5
Control malezas preemergencia	Atrazina	kg	1	19	12
	Glifosato	L	1	10	9.5

	mano de obra	jornal	1	22.5	15
Fertilización complementaria	Urea	kg	0	0	63
	mano de obra	jornal	0	0	15
Control de plagas	Clorpirifos	L	1	19	19
	Mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Aporque	Tractor	hora	1	20	20
	Mano de obra	jornal	5	22.5	112.5
Riegos	Mano de obra	jornal	2	22.5	45
Cosecha y pos cosecha					75
Deshoje	mano de obra	Jornal	5	22.5	75
Costo Total				USD	604.97

Anexo Z. Costos de producción Tratamiento 5

Costos directos					
Fases y actividades	Nombre	Unidad	Cantidad	P. Unit. USD	Subtotal USD
Preparación del suelo					94.97
Análisis de suelo	Análisis	muestra	1	34.97	34.97
Arada	tractor	hora	1	20	20
Rastrada	tractor	hora	1	20	20
Surcada	tractor	hora	1	20	20
Siembra y fertilización					164.85
Semilla	INIAP-103	kg	0.42	3.5	1.47
Siembra	Mano de obra	jornal	6	22.5	135
Fertilizantes	10-30-10	kg	2	1.68	3.36
Fertilización	Fertibacter	ml	35	0.072	2.52
	mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Labores Culturales					294
Control malezas preemergencia	Atrazina	kg	1	19	19
	Glifosato	L	1	10	10

	mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Fertilización complementaria	Urea	kg	2	0.5	1
	mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Control de plagas	Clorpirifos	L	1	19	19
	Mano de obra	jornal	1	22.5	22.5
Aporque	Tractor	hora	1	20	20
	Mano de obra	jornal	5	22.5	112.5
Riegos	Mano de obra	jornal	2	22.5	45
Cosecha y pos cosecha					112.5
Deshoje	mano de obra	Jornal	5	22.5	112.5
Costo Total				USD	666.32

Anexo AA. Muestreo de suelo.



Anexo AB. Muestras para Análisis de suelo.



Anexo AC. Selección de semilla (Iniap 103)



Anexo AD. Delimitación del terreno



Anexo AE. Trazado del terreno.



Anexo AF. Clasificación de semilla para siembra.



Anexo AG. Siembra de maíz.



Anexo AH. Fertilización junto con la siembra.



Anexo AI. Fertilizante 10-30-10



Anexo AJ. Tapado de la semilla.



Anexo AK. Implementación del sistema de riego.



Anexo AL. Emergencia del maíz.



Anexo AM. Emergencia del cultivo.



Anexo AN. Labores culturales.



Anexo AO. Control de malezas.



Anexo AP. Implementación de Letreros para identificación de cada tratamiento.



Anexo AQ. Tratamiento 2



Anexo AR. Aplicación de riego por aspersión.



Anexo AS. Tratamiento 3



Anexo AT. Tratamiento testigo.



Anexo AU. Tratamiento 5



Anexo AV. Tratamiento 1



Anexo AW. Etapa vegetativa.



Anexo AX. Etapa reproductiva.



Anexo AY. Tratamiento 3 cerca de la cosecha.



Anexo AZ. Cultivo de maíz para grano seco.



Anexo BA. Control cultural (cucuruchos).



Anexo BB. Implementación de cucuruchos en todo el ensayo para prevención de aves.



Anexo BC.Análisis de suelo.

Abre con

ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Av. 12 de Mayo 1000 - Cusco - Perú
 Tel: 051 052 2171152

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL CLIENTE

Nombre : MARTIN CUESTA
 Dirección : CANAR
 Ciudad : Guacaco

DATOS DE LA MUESTRA

Parroquia : Guacaco
 Ubicación : ESA
 Latitud : Longitud :

DATOS DEL LABORATORIO

No. Laboratorio : 7502
 Identificación :
 Cultivo Actual : MAIZ

DATOS DEL MUESTRO

Responsable Muestreo : Cliente
 Fecha Muestreo : 23/11/2022
 Fecha Ingreso : 23/11/2022

DATOS DE LA FACTURA

Factura No. : 0
 Fecha Análisis : 28/11/2022
 Fecha Emisión : 08/12/2022

INTERPRETACION

Nivel

Alto

Medio

Bajo

Elemento	Valor	Unidad
N	5	ppm
P	16	ppm
K	0.4	ppm
Ca	22	ppm
Mg	1.5	ppm
S	2.2	ppm
Zn	3.4	ppm
Cu	24	ppm
Fe	1.0	ppm
Mn	2.7	ppm
B		ppm
M.O.		%

pH 7.00

Muy Ácido Ácido Medio Ácido Neutro Medio Básico Básico Muy Básico

CE 0.06 dS/m

Muy Salino Salino Muy Salino

Carbono Orgánico 24.04 mg/kg

% Materia Seca:
% Humedad:

Elemento	Unidad	Valor
N	ppm	5
P	ppm	16
K	ppm	0.4
Ca	ppm	22
Mg	ppm	1.5
S	ppm	2.2
Zn	ppm	3.4
Cu	ppm	24
Fe	ppm	1.0
Mn	ppm	2.7
B	ppm	
M.O.	%	

Elemento	Unidad	Valor
pH		7.00
CE	dS/m	0.06
Carbono Orgánico	mg/kg	24.04

Elemento	Unidad	Valor
N	ppm	5
P	ppm	16
K	ppm	0.4
Ca	ppm	22
Mg	ppm	1.5
S	ppm	2.2
Zn	ppm	3.4
Cu	ppm	24
Fe	ppm	1.0
Mn	ppm	2.7
B	ppm	
M.O.	%	

Responsable Laboratorio

ESTACION EXPERIMENTAL CROQUIER
 Laboratorio de Suelos y Aguas

Laboratorio

Anexo BD. Análisis de suelo p.2



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 Km 12 1/2 vía El Descanso - BULLCAY - Gualaceo www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



Ministerio de
Agricultura, Ganadería,
Acuicultura y Pesca

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre : MARTIN CUESTA				Nombre : AZUAY				Fecha Muestreo : 23/11/2022			
Dirección : CAÑAR				Provincia : AZUAY				Fecha Ingreso : 23/11/2022			
Ciudad : GUALACEO				Parroquia : GUALACEO				Fecha Emisión : 08/12/2022			
Teléfono : 0983455423				Ubicación : EEA				Cultivo Actual : MAIZ			
Técnico :				Latitud : Longitud :							

N° Laborat	Identificación	Textura (%)			Clase Textural				cm ³ /cm ³		cm ³ /h		mg/100ml		dS/m		%		%	
		Arena	Limo	Arcilla		C.C.	Sat.	P.M.	A.D.	C.H.	D.A.	AI+H	AI	Na	C.E.	M.O.	M.S.	H.		
7502		46	30	24	Franco	0.26	0.47	0.14	0.12	0.54	1.34				0.96	NS	2.74	B		

Interpretación		
Al = Aluvial	NO = No Salino	B = Bajo
LT = Ligero, Típico	LS = Lig. Salino	M = Medio
T = Típico	S = Salino	A = Alto
	MS = Muy Salino	

Abundancia		
C.C.	Capacidad de Campo	
Sat.	Saturación	
P.M.	Punto de Marchitez	
A.D.	Agua Disponible	
C.H.	Conductividad Hidráulica	

Abundancia		
C.E.	Conductividad Eléctrica	
M.O.	Módulo Orgánico	
D.A.	Densidad Aparente	
Ni	Nitrógeno Total	
CH	Relación Carbono/Nitrógeno	
M.S.	Materia Seca	
H.	Humedad	

Responsable Laboratorio

N/E: No Entrega
 Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, los datos deberán ser apropiadamente citados.

Laboratorio

Fecha de Impresión: 08/12/2022 Página 2 de 2

Anexo BE. Link Base de datos

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ONp_TqHkrmBtRH4evF05_1Nx6duSQ8RPpNko-wevZLQ/edit?gid=290240051#gid=290240051