



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANÁ

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**MEJORADORES BIOLÓGICOS DEL SUELO (DIATOMEAS,
TRICHODERMA Y CONSORCIO MICROBIANO) FRENTE A
FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL EN CULTIVO DE MAÍZ (*Zea
mays L.*) PARA FORRAJE.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Agrónoma

AUTORA:

Salguero Coello Brithany Mishell

TUTOR:

Ing. Pincay Ronquillo Wellington Jean MSc.

LA MANÁ-ECUADOR
MARZO-2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Salguero Coello Brithany Mishell, con cédula de ciudadanía No. 1208359487, declaro ser autor del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “MEJORADORES BIOLÓGICOS DEL SUELO (DIATOMEAS, TRICHODERMA Y CONSORCIO MICROBIANO) FRENTE A FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL EN CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays L.*) PARA FORRAJE”**, siendo el Ing. Wellington Jean Pincay Ronquillo MS.c, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

La Maná, 06 marzo de 2026



Brithany Mishell Salguero Coello
C.C: 1208359487

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“MEJORADORES BIOLÓGICOS DEL SUELO (DIATOMEAS, TRICHODERMA Y CONSORCIO MICROBIANO) FRENTE A FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL EN CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays L.*) PARA FORRAJE”, de Salguero Coello Brithany Mishell, de la carrera de Agronomía, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

La Maná, 05 marzo de 2026



Ing. Wellington Jean Pincay Ronquillo MSc

C.C: 1206384586

TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, Carrera de Agronomía; por cuanto, la postulante: Salguero Coello Brithany Mishell, con el título del Proyecto de Investigación: **“MEJORADORES BIOLÓGICOS DEL SUELO (DIATOMEAS, TRICHODERMA Y CONSORCIO MICROBIANO) FRENTE A FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL EN CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PARA FORRAJE”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

La Maná, 09 marzo de 2026

Para constancia firman:


Ing. Macías Pettao Ramon Klever MS.c
C.C: 0910743285
LECTOR 1 (PRESIDENTE)


Ing. López Bosquez Jonathan Bismar MSc.
C.C: 1205419297
LECTOR 2 (MIEMBRO)


Ing. Salazar Siltos Alex Enrique MSc.
C.C: 1803595584
LECTOR 3 (SECRETARIO)

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, institución que me abrió sus puertas y me permitió formarme tanto en el ámbito profesional como en el personal. Gracias por brindarme los conocimientos y herramientas necesarias para culminar con éxito esta etapa tan importante de mi vida.

A mis docentes, en especial al Ing. Jonathan López por su enseñanza y dedicación en mi trabajo, por guiarme en cada paso de este proceso académico. De manera especial, agradezco a mi director de tesis el Ing. Wellington Pincay, por su orientación constante, quien con paciencia, dedicación y compromiso compartió sus conocimientos y experiencias, y realizó un valioso aporte para el desarrollo de este trabajo investigativo.

A mis compañeros y amigos, quienes hicieron de este camino una experiencia enriquecedora, compartiendo aprendizajes, retos y momentos inolvidables.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de esta tesis.

Con gratitud y satisfacción por la meta alcanzada.

Brithany

DEDICATORIA

Dedico este logro, en primer lugar, a mi madre, la señora María Coello, quien ha sido mi mayor inspiración y fortaleza para salir adelante. Gracias por tu amor incondicional, tus consejos sabios, por siempre estar ahí, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles de esta trayectoria, siempre serás mi razón de ser y quiero recordarte que cada esfuerzo, cada insomnio y cada vez que nos tocó retroceder hoy están valiendo más que la pena por eso.

Este triunfo también es tuyo.

A Myrus Cedeño, por su apoyo sincero su amistad, pero sobre todo por acompañarme en cada etapa de este camino, soy muy consciente de que no era su responsabilidad estar para mí, pero usted decidió apostar por mi hasta el final, valoro mucho su esfuerzo

A mis queridos hermanos, quienes han sido parte fundamental de mi vida y motivación constantemente para superarme y alcanzar mis metas.

A quien ahora es mi madrina Karina Alcívar, por su cariño y palabras de aliento que han sido luz en mi trayectoria académica y vida personal.

Con todo mi amor y gratitud, dedico este logro a ustedes, quienes han sido mi impulso y mi razón para no rendirme.

Brithany

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

TÍTULO: “MEJORADORES BIOLÓGICOS DEL SUELO (DIATOMEAS, TRICHODERMA Y CONSORCIO MICROBIANO) FRENTE A FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL EN CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays L.*) PARA FORRAJE”,

Autora:

Salguero Coello Brithany Mishell

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el Centro Experimental La Playita de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (Diatomeas, Trichoderma y Bacillus) combinado con fertilización en cultivo de maíz (*Zea mays L.*) para forraje, para ello se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), en la que está conformada por 5 tratamientos y 5 repeticiones que evaluadas fueron 25 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron: Altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo, clorofila en unidades SPAD, pH, conductividad eléctrica, inserción a la mazorca, largo y ancho de la mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, número total de granos por mazorca, rendimiento de forraje (kg/ha). Los resultados mostraron que el T2 Fertilización fue el que obtuvo mayor altura de planta con 188,20 cm, T4 Fertilización + Trichoderma obtuvo mayor número de hojas, diámetro del tallo, número total de granos y rendimiento con 13,36, 2,24 mm, 563,52 unidades y 44497,60 kg/ha, en el caso de la inserción de la mazorca el T3 Fertilización + Bacillus obtuvo 111,28 cm, en el ancho y largo de la mazorca el T5 Fertilización + Diatomeas obtuvo los valores más altos 3,34 y 17,81 cm. En lo que respecta el análisis económico el tratamiento T4 (Fertilización + Trichoderma) alcanzó un beneficio neto de \$ 3534,44, una relación beneficio/costo de \$ 2,40 y una rentabilidad del 240,19%. Demostrando que la combinación mejora la disponibilidad de nutrientes, lo que ayuda a obtener buenos resultados en cada una de las variables evaluadas.

Palabras claves: Fertilización, Mejoradores biológicos, forraje, rendimiento

Technical University of Cotopaxi
EXTENSION LA MANA

TITLE: “BIOLOGICAL SOIL ENHANCERS (DIATOMS, TRICHODERMA AND MICROBIAL CONSORTIUM) VERSUS CONVENTIONAL FERTILIZATION IN MAIZE (*Zea mayz L.*) CULTIVATION FOR FORAGE”

Author:
Salguero Coello Brithany Mishell

ABSTRACT

This research was conducted at La Playita Experimental Center of the Technical University of Cotopaxi, La Maná Extension, with the objective of evaluating the effect of applying biological soil improvers (Diatoms, Trichoderma, and Bacillus) combined with conventional fertilization in corn (*Zea mays L.*) forage crops. A Complete Randomized Block Design (CRBD) was used, which was consisting of 5 treatments and 5 replications, so resulting in 25 experimental units. The evaluated variables were: plant height, number of leaves, stem diameter, chlorophyll in SPAD units, pH, electrical conductivity, ear attachment, ear length and width, number of rows per ear, number of kernels per row, total number of kernels per ear, and forage yield (kg/ha). The results showed that treatment T2 (Fertilization) resulted in the greatest plant height with 188.20 cm. Treatment T4 (Fertilization + Trichoderma) got the highest number of leaves, stem diameter, total number of kernels, and yield, with 13.36, 2.24 mm, 563.52 units, and 44497.60 kg/ha, respectively. For ear insertion, treatment T3 (Fertilization + Bacillus) reached 111.28 cm; while treatment T5 (Fertilization + Diatomaceous Earth) had the highest ear width and length with 3.34 cm and 17.81 cm, respectively. In terms of economic analysis, treatment T4 (Fertilization + Trichoderma) yielded a net profit of \$3,534.44, a benefit-cost ratio of \$2.40, and a profitability of 240.19%; so demonstrating that the combination not only improved nutrient availability, but also helped to achieve good results in each of the evaluated variables.

Keywords: *Fertilization, biological improvers, forage, yield*

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	4
4.1. Beneficiarios directos	4
4.2. Beneficiarios indirectos	4
5. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	5
6. OBJETIVOS.....	6
6.1. Objetivo General.....	6
6.2. Objetivos Específico.....	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	8
8.1. Importancia del cultivo de maíz	8
8.2. Superficie cultivada en Ecuador	9
8.3. Clasificación taxonómica	10
8.4. Características morfológicas del maíz.....	10
8.4.1. Raíz.....	10

8.4.2. Tallo.....	11
8.4.3. Hojas.....	11
8.4.4. Flores.....	12
8.4.5. Mazorca.....	12
8.5. Ciclo del cultivo de maíz.....	13
8.5.1. Vegetativa.....	13
8.5.2. Reproductiva.....	13
8.6. Exigencias edafoclimáticas del maíz.....	14
8.6.1. Suelo.....	14
8.6.2. Clima.....	14
8.6.3. Precipitación.....	15
8.6.4. Luminosidad.....	15
8.7. Factores limitantes en la producción de maíz.....	15
8.8. Mejoradores biológicos.....	16
8.8.1. Diatomeas.....	17
8.8.2. Trichoderma.....	18
8.8.3. Consorcio microbiano.....	20
8.9. Fertilización.....	21
8.9.1. Nitrógeno (N).....	22
8.9.2. Fósforo (P).....	23
8.9.3. Potasio (K).....	24
8.10. Antecedentes investigativos.....	25
9. HIPÓTESIS.....	26
10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
10.1. Ubicación y duración del ensayo.....	26
10.2. Tipo de investigación.....	26
10.2.1. Experimental.....	26

10.2.3. Descriptiva.....	26
10.2.4 Cuantitativa.....	27
10.3. Materiales y Equipos	27
10.4. Tratamientos del estudio.....	28
10.5. Diseño experimental.....	28
10.6. Análisis de varianza.....	28
10.7. Manejo del ensayo	28
10.8. Variables evaluadas.....	30
10.8.1 Altura de la planta.....	30
10.8.2. Número de hojas.....	30
10.8.3. Diámetro de tallo	30
10.8.4. Clorofila.....	31
10.8.5. pH	31
10.8.6. Conductividad Eléctrica	31
10.8.7. Inserción de la mazorca	31
10.8.8. Largo y ancho de la mazorca	31
10.8.9. Número de hileras por mazorca.....	31
10.8.10. Número de granos por hilera	32
10.8.11. Número total de granos por mazorca.....	32
10.8.12. Rendimiento de forraje (kg/ha).....	32
10.8.13. Análisis económico.....	32
11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
11.1. Altura de la planta.....	34
11.2. Número de hojas.....	34
11.3. Diámetro de tallo	35
11.4. Clorofila.....	36
11.5. pH	37

11.6. Conductividad Eléctrica (CE).....	38
11.7. Inserción de la mazorca	39
11.8. Largo y ancho de la mazorca	40
11.9. Número de granos por hilera	41
11.10. Número de hileras por mazorca	42
11.11. Número total de granos por mazorca	43
11.12. Rendimiento de forraje (Kg/ha ⁻¹).....	44
11.13. Análisis Económico	45
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS)	46
13. PRESUPUESTO.....	47
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
15. BIBLIOGRAFÍA	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados	7
Tabla 2. Taxonomía del cultivo de maíz	10
Tabla 3. Materiales y equipos	27
Tabla 4. Tratamientos de la fertilización	28
Tabla 6. Esquema de análisis de varianza.....	28
Tabla 7. Altura de planta en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (<i>Zea mayz</i>) para forraje.....	34
Tabla 8. Número de hojas en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (<i>Zea mayz</i>) para forraje.....	35
Tabla 9. Diámetro de tallo en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (<i>Zea mayz</i>) para forraje.....	36
Tabla 10. Clorofila en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (<i>Zea mayz</i>) para forraje.....	37
Tabla 11. pH en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (<i>Zea mayz</i>) para forraje.....	38
Tabla 12. Conductividad eléctrica en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (<i>Zea mayz</i>) para forraje.	39
Tabla 13. Inserción de la mazorca en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (<i>Zea mayz</i>) para forraje.	40
Tabla 14. Ancho de la mazorca y largo de la mazorca en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (<i>Zea mayz</i>) para forraje.	41
Tabla 15. Número de hileras por mazorca en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (<i>Zea mayz</i>) para forraje.	42

Tabla 16. Número de granos por hilera en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>) para forraje	43
Tabla 17. Número total de granos por mazorca en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>) para forraje.....	44
Tabla 18. Rendimiento de forraje (kg/ha) en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>) para forraje.	45
Tabla 19. Análisis económico de los tratamientos en estudio	45
Tabla 20. Presupuesto de la investigación	47

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:	Mejoradores biológicos del suelo (Diatomeas, Trichoderma y Consorcio microbiano) frente a fertilización convencional en cultivo de maíz (<i>Zea mays L.</i>) para forraje.
Fecha de inicio:	Octubre 2025
Fecha de finalización:	Marzo 2026
Lugar de ejecución:	Centro Experimental la Playita, Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Manaz
Facultad que auspicia:	Extensión La Maná
Carrera que auspicia:	Agronomía.
Proyecto vinculado a:	Gestión Administrativa, financiera y técnica en el sector agrícola del cantón La Maná
Equipo de trabajo:	Salguero Coello Brithany Mishell
Tutor:	Ing. Wellington Jean Pincay Ronquillo MSc.
Área de conocimiento:	Agricultura, Agronomía, Producción, Ecológica.
Línea de investigación:	Procesos tecnológicos, bioquímicos, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria
Sub línea de investigación:	Tecnología para la agricultura.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este estudio busca evaluar la eficacia de diversos mejoradores biológicos del suelo (Diatomeas, Trichoderma y Bacillus) frente a fertilización en la producción de maíz para forraje, con fines de titulación, además se ancla al proyecto de investigación generativa desarrollado por la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná “Gestión, administrativa, financiera y técnica del sector agrícola del cantón La Maná”, tributando específicamente con el componente u objetivo cuatro “Asesorar los procesos productivo de los principales rubros agrícola para el incremento de la productividad”, esta articulación permite contribuir directamente al fortalecimiento técnico y productivo del sector agrícola, impulsados desde la carrera de Agronomía.

En Ecuador el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) es fundamental, ya que se posiciona como una de las gramíneas de mayor relevancia tanto en el contexto global como en el territorio ecuatoriano, su valor estratégico reside en su notable adaptabilidad a distintos entornos climáticos. agroecológicas, su relevancia radica en que constituye un componente esencial de la canasta básica y es la principal materia prima para la industria alimenticia animal (alimento balanceado), así como para la de consumo humano, además, por la superficie cultivada, es uno de los principales cereales más comercializados y es considerado un producto priorizado para el cambio de la matriz productora y la seguridad alimentaria del país, en el año 2022, el rendimiento nacional promedio fue de 6.35 toneladas por hectárea (Pincay, 2024).

Las principales provincias productoras de maíz amarillo duro en Ecuador se concentran históricamente en la región Litoral (Costa), siendo Los Ríos la de mayor producción, Los Ríos concentró el 39.42% del total nacional, con una producción de 566 mil toneladas métricas, otras provincias importantes en el Litoral son Guayas y Manabí, la adopción de paquetes tecnológicos de alto rendimiento, como el uso de híbridos, ha demostrado ser crucial para incrementar la productividad y rentabilidad de este cultivo en las provincias maiceras (Pinzón, 2019). En el ámbito agropecuario, el maíz se presenta como una opción alimenticia especialmente útil para el ganado bovino durante periodos críticos, estas situaciones adversas como condiciones climáticas extremas y sequías, originan una escasez tanto en la cantidad como en la calidad de pastos y forrajes como resultado se dificulta cubrir adecuadamente las necesidades nutricionales del ganado en diversas zonas ganaderas (Molina, 2016)

Los mejoradores biológicos, tienen un impacto significativo y multifacético en la agricultura al favorecer la regeneración de las características del terreno y el vigor de las plantaciones, como el incremento de la materia orgánica, el control del pH, la mejora en el potencial de almacenamiento hídrico y la permeabilidad, y la promoción de una microbiota beneficiosa, estudios han demostrado que la adición de sustratos orgánicos aumenta la materia orgánica y potencia la microbiota del suelo, lo que es fundamental para la preservación del recurso edáfico y el aumento de la volúmenes de cosecha (Murillo *et al.* 2020). Los mejoradores potencian la absorción y asimilación de nutrientes, mejoran el desarrollo aéreo, la formación de raíces y nódulos, y son cruciales para aumentar la resiliencia ante factores externos críticos o las condiciones climáticas adversas. Además, favorecer la productividad y la calidad de las cosechas, su uso representa una alternativa sostenible.

Con la presente investigación se busca conocer cómo actúan los mejoradores biológicos (Diatomeas, *Trichoderma* y Consorcio microbiano) frente a fertilización convencional en cultivo de maíz, para ello se implementó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cinco tratamientos y cinco repeticiones, con esto se obtendrá la precisión de los efectos de cada mejorador sobre la estructura del suelo y los nutrientes que este aporta al cultivo, además, se evaluaron variables: altura de planta, número de hojas, largo y ancho de la hoja, área foliar, número de hilera y de granos por mazorca, el rendimiento para forraje, mismas que permitieron a evaluar la eficacia de los tratamientos.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La producción de maíz (*Zea mays L.*) en Ecuador es un eje estratégico para el sustento poblacional y nutrición pecuaria, siendo uno de los cereales más importantes en la canasta básica y la agroindustria, el maíz, que se siembra principalmente en zonas bajas de la Costa, está destinado en su mayoría a la elaboración de alimento balanceado para animales, cubriendo cerca del 85% de las necesidades del sector pecuario, por su parte, el maíz harinoso o suave se cultiva primordialmente en la región Andina o Sierra y es crucial en la dieta tradicional ecuatoriana para productos como harinas, bebidas, y otros derivados, manteniendo un legado cultural y agrícola invaluable en las comunidades indígenas (Quezada, 2021).

La planta entera de maíz constituye un forraje fundamental frente al aumento de las exigencias nutricionales necesarias para alcanzar un desempeño animal óptimo, los productores de maíz enfrentan el reto de elegir y gestionar variedades genéticas que ofrezcan un alto rendimiento de

materia seca y presenten características de calidad adecuadas, el empleo del maíz como forraje, ya sea en forma de planta en pie o como ensilado es una práctica habitual en los países con agricultura desarrollada, esta metodología ayuda a superar las dificultades asociadas a la nutrición de rumiantes, cuyas necesidades alimenticias son relativamente constantes, su integración en los sistemas de producción bovina se debe a tres factores claves: una elevada producción en un solo corte, un alto contenido de hidratos de carbono de fácil digestión y una ventana de cosecha relativamente amplia (Elizondo & Boschín, 2001).

La implementación de mejoradores biológicos juega un rol determinante en el aporte nutricional de las siembras en especial del maíz, ya que buscan optimizar la nutrición de la planta y la salud del suelo, impactando directamente en la productividad y la sostenibilidad agrícola, la importancia de usar mejoradores biológicos en maíz radica en la relevancia de estos insumos en el maíz reside en su facultad para estimular el vigor y preservar la salud fitosanitaria de manera natural y sostenible, estos mejoradores, actúan como biofertilizantes al fijar el nitrógeno atmosférico y solubilizar nutrientes como el fósforo, haciéndolos más disponibles para la planta. El uso de estos microorganismos, como *Trichoderma*, ha demostrado incrementar la altura de la planta, el peso seco de la raíz y, consecuentemente, el rendimiento de grano con valores superiores incluso a los obtenidos con solo fertilización, por tanto, este enfoque biológico no solo mejora la absorción de nutrientes, sino que también ofrece una alternativa para reducir la dependencia de agroquímicos y mitigar la degradación del suelo (Zermeño *et al.* 2015).

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos serán los agricultores de la zona donde se realizó la investigación, además, con este proyecto se pretende dar a conocer la importancia de los mejoradores en el cultivo de maíz, también, sus beneficios que tiene sobre el suelo y sobre todo lo que ofrece al cultivo para lograr buenos rendimientos.

4.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos son los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mismos que mediante la investigación y en ensayo en campo, lograrán obtener mayor conocimiento que fortalezcan lo teórico a base de las labores realizadas.

5. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

En el panorama internacional la obtención de maíz para forraje (*Zea mays L.*) depende de la fertilización mineral convencional, lo que ha generado graves daños ecológicos y económicos, no obstante el empleo desmedido y sin control de fertilizantes químicos, especialmente los nitrogenados, resulta en la lixiviación de nutrientes hacia cuerpos de agua superficiales y subterráneos, provocando la eutrofización y toxicidad del agua, y la contaminación del aire por gases de efecto invernadero, esta práctica, que se estima es ineficiente ya que las plantas absorben solo entre el 30% y 50% de los insumos aplicados, también contribuye a la degradación del suelo, la pérdida de materia orgánica y el desequilibrio de las comunidades biológicas del suelo, afectando negativamente la fertilidad a largo plazo (Quimis, 2024).

En el caso de Ecuador investigaciones han demostrado que está frecuentemente afectado por problemas de degradación (erosión, acidificación, baja materia orgánica) derivados de prácticas agrícolas intensivas y el uso continuo de agroquímicos, buscando incrementar el rendimiento del cultivo y la rentabilidad económica de los agricultores, mientras se mitiga el impacto ambiental asociado a la fertilización mineral excesiva, en este contexto, estudios han evaluado el efecto de los bioinsumos para mejorar indicadores biológicos del suelo y el rendimiento de biomasa verde y contenido de materia seca en el maíz para forraje, ofreciendo una vía hacia una agricultura más sustentable (Vera *et al.* 2020).

En la zona de La Maná, provincia Cotopaxi, se caracteriza por su fuerte vocación agropecuaria, donde se puede encontrar cultivos como el maíz para forraje, el cual presenta una serie de problemas, ya que, gran parte de los agricultores realizan aplicaciones excesivas de fertilizantes sintéticos, lo que ha ocasionado desequilibrios en el suelo, esto ha llevado a un mayor incremento de los costos de producción, por tanto, la presente investigación busca evaluar como la incorporación de mejoradores biológicos como diatomeas, trichoderma y bacillus ayudan a mejorar las características agronómicas del cultivo de maíz, además, este proyecto ofrece una alternativa ecológica que beneficia la integridad del recurso del suelo y el equilibrio nutricional de las siembras, por consiguiente resulta imperativo que los productores de pequeña y mediana escala adopten estrategias de manejo responsable que permitan reducir el impacto ecológico adverso sobre el medio ambiente, sin verse comprometido el rendimiento de los cultivos. (Pilco, 2022).

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (Diatomeas, Trichoderma y Consorcio microbiano) frente a fertilización convencional en cultivo de maíz (*Zea mays L.*) para forraje.

6.2. Objetivos Específico

- Determinar el efecto de la aplicación combinada de los mejoradores biológicos y fertilización en las variables de crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz para forraje.
- Cuantificar el rendimiento del forraje del cultivo de maíz en cada uno de los tratamientos evaluados.
- Evaluar los mejoradores biológicos y la fertilización sobre la conductividad eléctrica y el pH del suelo, así como su impacto en la síntesis de clorofila en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) para forraje.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos evaluados con la aplicación de mejoradores biológicos y fertilización en el cultivo de maíz para forraje.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	MÉTODO DE VERIFICACIÓN
Determinar el efecto de la aplicación combinada de los mejoradores biológicos y fertilización en las variables de crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz para forraje.	*Aplicación de mejoradores biológicos y de fertilización en el cultivo de maíz *Registro de variable agronómicas	*Registro de variables como: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, largo y ancho de la hoja, diámetro del tallo.	Libro de campo Fotografías
Cuantificar el rendimiento del forraje del cultivo de maíz en cada uno de los tratamientos evaluados.	*Registro de variables entorno a los rendimientos del maíz para forraje	*Toma de variables como: Área foliar, rendimiento de forraje (kg/ha).	Libro de campo Fotografías
Evaluar los mejoradores biológicos y la fertilización sobre la conductividad eléctrica y el pH así como su impacto en la síntesis de clorofila en cultivo de maíz (<i>Zea mays L.</i>) para forraje.	*Muestreo de suelo en la etapa vegetativa para medir variaciones de pH, CE *Registro de unidades SPAD con el empleador de clorofila	*Obtención de datos sobre variaciones de pH y CE. *Síntesis de clorofila relacionada con los tratamientos aplicados.	Libro de campo Fotografías
Realizar un análisis económico de los tratamientos evaluados con la aplicación de mejoradores biológicos y fertilización en el cultivo de maíz para forraje.	*Análisis beneficio/costo de los tratamientos establecidos en el estudio	*Análisis de costos *Rendimiento *Costos de producción	Excel Análisis económico

Elaborado por: Salguero (2026)

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Importancia del cultivo de maíz

A nivel internacional el maíz es un cultivo que se reconoció en todo el mundo como el tercer cereal más importante siendo superada por el trigo y el arroz, la producción de ese cultivo está destinada para consumo humano y animal, siendo este cultivo un componente ese es el para la canasta básica, por tanto, las gramíneas ha incrementado su valor en los últimos años por presentar altos niveles en la industria de alimentos procesados, haciendo que este cultivo tenga gran relevancia económica global, con la actual demanda y la disminución de tierras disponibles ha conllevado a investigar nuevas alternativas para maximizar el rendimiento garantizando su efectividad productiva y la seguridad alimentaria (Darquea, 2016).

La relevancia de esta planta deriva en su notable capacidad de adaptación, que va más allá de la variedad de su grano, en países industrializados, una porción considerable de sus usos está destinada a la producción de etanol y a la fabricación de numerosos alimentos procesados, el maíz es esencial en la ganadería, ya que se emplea como grano o forraje fresco por su elevado contenido de energía y proteínas, a pesar de que su rendimiento y calidad están condicionados por factores genotípicos y el manejo agronómico, su habilidad para ajustarse a diferentes condiciones de suelo y clima lo hace un cultivo resistente (Osorio, 2022).

Este cereal, pilar de la agricultura global sitúa su centro de domesticación en el área mesoamericana, específicamente en el eje central del territorio mexicano, según investigaciones aproximadamente 7000 años, el ancestro más cercano es el teosinte (*Zea mays ssp. parviglumis*), el cual es considerado una gramínea, mismas que evoluciono hasta convertirse en una planta doméstica como lo es hoy en día, el maíz se difundió por el continente americano, lo que hizo que se adapte a las diversas condiciones climáticas, suelo y altitudes, demostrando así su alta variabilidad genética, con la llegada de los europeos a américa el cultivo se introdujo en el viejo mundo a través de España y Portugal, con ello llego su expansión mundial, el maíz ocupa el primer lugar en todo el mundo y el segundo hay superficie sembrada, este éxito se debe a la eficiencia fotosintética es la capacidad que presenta al general el más alto potencial de carbohidratos, el cultivo de maíz es un pilar fundamental para la alimentación en todo el mundo (Guacho, 2014).

8.2. Superficie cultivada en Ecuador

Dentro del territorio ecuatoriano, el maíz es una especie trascendental, entre los que tenemos destaca el amarillo duro el cual es sembrado en la costa y el maíz harinoso suave sembrado en la sierra, según análisis años anteriores se evidenciaba un crecimiento en el área dedicada a este cereal, reportando superficies de 388.534 ha, este aumento en la superficie junto con las mejoras en la producción tiene como objetivo una relevancia socioeconómica en el sector agrícola ecuatoriano (Villares, 2020).

En Ecuador, durante un periodo más reciente, la extensión sembrada de maíz ha permanecido alta, lo que muestra su relevancia como cereal fundamental para el consumo humano y animal, particularmente en la producción de alimento balanceado, de acuerdo con cifras de la Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria (CGINA) y el MAG, se sembraron 372.581 hectáreas en todo el país durante el año 2022, el maíz pueda adecuarse con facilidad a una variedad de condiciones edafoclimáticas y que tenga un alto nivel de comercialización tanto nacional como internacional ayudan a que el área dedicada a este cultivo permanezca como una de las más extensas del país (Pincay & Leticia, 2024).

La repartición en esta superficie sembrada muestra una clara división regional basada en la clase de maíz. Contrariamente, la zona litoral o costera contiene la mayor parte de las hectáreas destinadas al maíz amarillo duro, el cual se utiliza sobre todo en la industria. La Sierra o región Andina tiene un rol crucial al cultivar cerca de 67.000 hectáreas de maíz suave o harinoso. Este último es el cultivo de duración más corta más importante de la Sierra, y resulta fundamental para el consumo humano directo; esto evidencia que la extensión total cultivada con maíz en Ecuador refleja su relevancia estratégica en términos industriales y alimentarios en esas dos zonas (Hernández J. , 2019).

En el desarrollo de la ganadería en diversas regiones de Ecuador y el mundo, se demanda un aumento en la producción de forraje para cubrir necesidades nutricionales del ganado, en la actualidad se conoce que existen algunas alternativas tecnológicas de almacenamiento y conservación del forraje sin que se deteriore su palatabilidad y calidad, para que se pueda utilizaren la época de estiaje, el ensilaje de maíz para forraje es una de estas alternativas la cual se caracteriza por su fácil elaboración ya que no demanda gran infraestructura (Delgado *et al.*, 2024).

8.3. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del maíz es la siguiente:

Tabla 2. Taxonomía del cultivo de maíz

Reino:	Vegetal
Subreino:	Embriobionta
División:	Angiospermae
Clase:	Monocotyledoneae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>Mays</i>
Nombre científico:	<i>Zea mays L</i>

Fuente: (Guacho, 2014)

8.4. Características morfológicas del maíz

Desde una perspectiva botánica, el maíz se define como una especie de ciclo anual. Su parte aérea está constituida por un tallo herbáceo no ramificado conocido como caña, que se divide en entrenudos y nudos, de los cuales emergen las hojas, las hojas son grandes, largas y envainadoras, y están dispuestas alternadamente, su sistema reproductivo se distingue por la separación de sus flores: la inflorescencia masculina es la espiga o panoja terminal; la femenina, por su parte, es la mazorca, situada lateralmente en las axilas foliares y que contiene los granos, la altura de la planta y de la mazorca, así como el color y forma del grano, son rasgos morfológicos importantes que varían considerablemente entre los híbridos o genotipos cultivados (López, 2021).

8.4.1. Raíz

El sistema de raíces del maíz, formado por raíces primarias y adventicias (también llamadas raíces soporten), es fundamental para la nutrición y el anclaje, las raíces primarias son vigorosas y fasciculadas, cumpliendo así la doble función de ofrecer alimento y dar a la planta un soporte sólido desde el principio, las raíces adventicias nacen en los nudos más bajos del tallo, por encima de la superficie del suelo, estas raíces tienen el propósito de proporcionar un importante refuerzo estructural para sostener la planta en posición vertical y evitar situaciones de vientos intensos o excesiva saturación del terreno, el cultivo de maíz, a pesar de la fortaleza de este

sistema, es vulnerable a la sequía y es sensible a los suelos que carecen de nutrientes debido a la densidad de raíces superficiales (Retis, 2021).

8.4.2. Tallo

El tallo del cultivo de maíz también es conocido como caña es erecto no presenta ramificaciones posee características distintivas frente a otros cereales, su estructura rota confiere a las capacidades de alcanzar longitudes que pueden superar los 3 a 4 metros, el tallo es un segmento por nudos y entre nudos que a lo largo se desarrolla las yemas flores femeninas mismas que dan origen a la mazorca, su color puede variar desde un tono claro hasta presentar pigmentaciones moradas, además, por su pared circular en las sustancias y una médula esponjosa y la cual tiene como función almacenar azúcar (Villacís, 2021).

La estructura del maíz es fundamental para el soporte y la conducción de nutrientes por toda la planta, el tallo está conformado por 3 capas principales una epidermis la cual actúa como una barrera protectora y mediante la corteza se puede transferir con facilidad la savia, el número total de nudos y hojas puede enfocarse notablemente más que pueden oscilar de entre 8 y 26, por tanto este sistema caulinar junto con las raíces así que sea esencial mantener la planta recta en constante movimiento para evitar volcamientos frente a las diversas condiciones atmosféricas (Guacho, 2014).

8.4.3. Hojas

Las hojas son los principales órganos responsables de la fotosíntesis, el área foliar está influenciada por el número y tamaño de las hojas, siendo este un factor determinante en el rendimiento de los cultivos, ya que, capta la energía requerida para la producción de biomasa, las hojas son el punto de unión laminar y la vaina membranosa llamada lígula, las cuales desempeñan un papel crucial impedir que elementos extraños y agua entren en el tallo y las vainas, las hojas de las mazorcas protegen la inflorescencia femenina y los granos que se encuentran en desarrollo, en diversas investigaciones este órgano ha sido analizado para determinar la calidad de las fibras enfocadas en el uso de despojos agrarios para la elaboración de pulpa (Prado *et al.* 2015).

8.4.4. Flores

El maíz posee flores masculinas y femeninas en la misma planta, su flor masculina se encuentra en la parte superior de la planta y tiene una forma de panícula, a media altura se encuentra la flor femenina, esta es conocida como la futura mazorca, la cual está conformada por diversas flores mismas, que están dispuestas en una ramificación, rodeadas de falsas hojas (Lozada, 2024).

Al maíz se lo conoce como monoicas, esto se debe por los órganos que tiene, ya que, produce gametos masculinos como femeninos en el mismo individuo, la parte masculina denominada comúnmente como panoja, , se integra por un eje del cual ramifican diversas espiguillas que contienen los estambres productores de polen por el contrario la estructura femenina consiste en un raquis robusto y de forma cilíndrica, protegido externamente por un conjunto de hojas modificadas conocidas técnicamente como brácteas o espatas (Baque & Carpio, 2023).

8.4.5. Mazorca

La mazorca es comestible y posee un gran valor nutricional, las mazorcas pueden variar su color, desde las amarillas y blancos comunes hasta colores azules, morado, rojo (Bonilla, 2023).

Las mazorcas es una espiga femenina la cual es fundamental en la producción y rendimiento, en ella se puede medir características cuantitativas como la extensión logitudinal y el grosor transversal del fruto mismos que están directamente influenciados en la cosecha, se han determinado la longitud de los granos utilizando la relación entre el diámetro de la mazorca y el diámetro del olote, el número de hileras es una característica variable que se cuenta en la parte central de la mazorca (Prieto & Manayay, 2022).

Las características de la mazorca son claves para poder identificar el genotipo de maíz, la forma en que la mazorca puede variar siendo de cilíndrica a cónica, según el cultivar analizado, para ello el color del raquis ya sea este rojo o blanco es un descriptor cualitativo en la ayuda de distinción, además, en la mazorca se pueden medir variables como el rendimiento, la masa total del fruto y el peso específico de las semillas, en esto se puede encontrar diferencias significativas entre genotipos lo cual resaltan importancia de la morfología de los cultivares (Coral *et al.* 2018).

8.5. Ciclo del cultivo de maíz

La relevancia del maíz en la seguridad alimentaria global se divide en dos etapas en la alimentación humana y animal, su ciclo se define fundamentalmente por dos fases: fase vegetativa la cual abarca desde la germinación hasta la floración y la fase reproductiva la cual está enfocada en el desarrollo y llenado del grano, el éxito de la producción depende de factores, como la genética, las condiciones ambientales, el manejo agronómico, aunado a esto intervienen variables como riqueza nutricional del sustrato y el manejo fitosanitario frente a patógenos y malezas y especialmente el suministro de agua donde en el período de floración y formación de la mazorca necesita mayor requerimiento hídrico (Tadeo *et al.* 2016).

8.5.1. Vegetativa

En la fase vegetativa se enfoca principalmente en el desarrollo de la arquitectura vegetal y el incremento de materia orgánica, en esta fase comienza con la germinación y emergencia (VE), cuando la semilla absorbe agua y emerge la plántula y continúa con el desarrollo sucesivo de las hojas esta es clasificada por el número de hojas con cuello visible, (V1, V2, V3), durante las primeras etapas vegetativas el crecimiento de la planta permanece cerca de la superficie del suelo, en esta etapa es fundamental de 8 a 10 hojas (V8, V10), ya que en este momento se inicia el desarrollo de las espigas y se determine el número de hileras este grano (Yescas, 2015).

Al alcanzar un progreso fisiológico ideal específicamente entre la aparición de la hoja número 12 y la 15 se hace evidente la evolución de las yemas axilares este periodo es crucial pues en el establecen las dimensiones de la mazorca y la densidad de granos por unidad, respecto al requerimiento térmico durante los estadios V1 a V10 el cultivo demanda cerca de 85 unidades calor por cada hoja nueva, no obstante a partir de la etapa V10, esta necesidad se ajusta a unas 50 unidades de calor por cada hoja que se despliega (Avila *et al.* 2020).

8.5.2. Reproductiva

En este ciclo comienza la etapa de floración y polinización (R1), este es un momento crítico para la determinación del rendimiento, en esta fase se inicia con la aparición de los estigmas en la mazorca, la inflorescencia femenina mientras que la panoja comienza a liberar polen en la etapa (VT), el maíz al ser una planta monoica con sus flores masculinas y femeninas el polen debe caer sobre una estigma compatible, este es un proceso que ocurre en un corto periodo de

tiempo, en este período la sensibilidad al estrés hídrico y nutricional es muy alta ya que cualquier diferencia puede llevar a la desecación de las estigmas o del polen (Cabrera, 2025).

El ciclo reproductivo es la fase más sensible y determinante al momento de obtener el rendimiento final, en este periodo comienza la polinización y ocurre la emergencia de las sedas u organismos femeninos, en las siguientes etapas R2 al R5 ocurre el llenado del grano, donde la planta moviliza azúcares y almidón para aumentar la masa seca, el estrés hídrico es un factor limitante que puede llegar a afectar durante la floración y el llenado temprano lo que puede ocasionar aborto de flores y la formación de granos ligeros, lo que hace que se reduzca la cosecha, la fase R6 indica que los granos alcanzaron su peso máximo y están listos para ser cosechados (Porres & Cuxil, 2025).

8.6.Exigencias edafoclimáticas del maíz

8.6.1. Suelo

El maíz ha indicado una noble capacidad de adaptación a diversos suelos, sin embargo, para lograr altos desarrollos prefiere condiciones específicas, el maíz se adapta y crece bien en suelos con un pH de 6 a 7, aunque es un cultivo que puede tolerar condiciones ligeramente más ácidas 5.5, en cuanto a la textura el maíz se desenvuelve en suelos tipo franco a una profundidad de 30 a 60 cm que cuenten con alta materia orgánica y que posean excelente drenaje para evitar encharcamientos que puedan provocar asfixia en las raíces (Darquea, Walter, 2016).

El maíz es un cultivo que cuenta con alta exigencia nutricional principalmente de NPK, los cuales son frecuentemente limitantes para la producción si el suelo no la aporta en sus cantidades adecuadas, además, el drenaje es crucial con el fin que exista una buena circulación de agua y aire para un óptimo desarrollo de las raíces y así evitar pudrición, por lo tanto, ¿un suelo bien estructurado con buen drenaje? buena profundidad es indispensable para lograr altos rendimientos en el cultivo de maíz (Villares, 2020).

8.6.2. Clima

El cultivo de maíz necesita condiciones climáticas específicas, siendo la temperatura un factor primordial en el desarrollo fenológico, las condiciones óptimas para un buen desarrollo se encuentran temperaturas que oscilan entre 18 y 24 °C, ya que a un incremento excesivo de temperaturas máximas o mínimas repercute en el rendimiento, el maíz requiere temperaturas durante el día y la noche para un óptimo desarrollo, la precipitación también es crucial para

potenciar los rendimientos, los suelos tienen que mantener una humedad en todas las fases de crecimiento con esto se busca una adecuada formación del grano, la presencia de estrés hídrico durante las fases de floración y llenado de grano puede reducir el rendimiento en un rango de 6% al 13% (Benítez, 2022).

8.6.3. Precipitación

El requerimiento hídrico es el más exigente en lo que respecta al maíz siendo de vital importancia para alcanzar óptimos potenciales productivos, el cual está influenciado por el clima, el cultivar que se va a utilizar y el manejo que se le dé, la necesidad de agua para una cosecha se estima que sea entre 500 y 800 milímetros, esto va a variar dependiendo del material vegetal ya que variedades precoces requieren 540 mm, y las variedades tardías 620 mm, en la fase de inflorescencia y los 30 días posteriores son los momentos de máxima demanda de agua ya que se están formando las mazorcas y el grano, para un mejor manejo se utiliza el coeficiente de cultivo para estimar las necesidades que requiere el maíz en cada fase, con valores que inician de 0.55 en la fase inicial hasta 1.10 en la fase intermedia, por lo tanto, es indispensable controlar el riego para mantener una humedad segura evitando ausencias de precipitaciones (Tarazona *et al.* 2021).

8.6.4. Luminosidad

El maíz es una planta heliófila es decir que requiere alta intensidad de luz para realizar esos procesos vitales especialmente en la fotosíntesis, la luz es indispensable y su insuficiencia o la presencia de días nublados durante la etapa de polinización provoca que exista una disminución demostrativa en el rendimiento del grano al presentar una disminución de la intensidad de la luz en un 30 a 40% que va a usar un retraso en la madurez fisiológica siendo las variedades de ciclo tardío las que son más afectadas, la necesidad de luz solar también influye en prácticas de manejo, como es el control de maleza ya que estas compiten como el cultivo por los recursos esenciales (Zari, 2014).

8.7. Factores limitantes en la producción de maíz

El déficit hídrico es uno de los factores más críticos en la producción de maíz que afecta el desarrollo del cultivo en diversos grados, siendo las etapas de prefloración y floración las más sensibles, el estrés hídrico puede impactar severamente en el número de granos reduciendo el rendimiento significativamente, por otro lado la densidad de siembra también es un factor

crucial ya que es una alta demanda aumenten la competencia de los recursos como luz, agua y nutrientes, lo que provoca un limitado crecimiento de las plantas, por lo tanto, un buen entendimiento depende de un buen manejo de la densidad de tipo y de las condiciones ambientales, una buena gestión del riego son esenciales para potenciar producción (Sáez *et al.* 2024).

Por otro lado, los bajos rendimientos hay maíz son consecuencias de factores edafoclimáticos y la disponibilidad de nutrientes, las condiciones del suelo dificultan por otra parte la baja productividad en el cultivo de maizse deriva de variables edafoclimaticas, con esto la fertilidad del suelo se llega a agotar rápidamente si no se reponen los nutrientes exportados como el NPK, la acidez del suelo también restringe el desarrollo radicular y la disponibilidad de micronutrientes, por ello, se debe realizar un diagnóstico y un buen plan de nutrición vegetal ajustado a los requerimientos del plantío y las características del entorno (Boada & Espinosa, 2016).

8.8. Mejoradores biológicos

Los mejoradores biológicos, son conocidos como bioproductos, bioinsumos o biofertilizantes, son un conjunto diverso de sustancias y microorganismos utilizados para potenciar la salud del suelo y el crecimiento vegetal, su relevancia radica en que funcionan como una alternativa o complemento a la fertilización y el control de plagas convencionales. Se clasifican en varias categorías funcionales: biofertilizantes (N) o solubilizan (P) y (K), bioestimulantes (mejoran la tolerancia al estrés) y biopesticidas (controlan plagas y enfermedades), su acción reside en el manejo del microbiota del suelo para mover nutrientes que de otro modo estarían bloqueados para la planta. (Pérez, *et al.*, 2023)

El uso de los mejoradores biológicos es esencial para optimizar el aprovechamiento de los nutrientes, ayudando a los agricultores a reducir las dosis de fertilizantes químicos sin afectar el rendimiento. Al comparar diferentes planes de fertilización reportan que la inoculación con biofertilizantes (N) fijadores permite una disminución de hasta 50 % en la aplicación de nitrógeno sintético manteniendo una productividad comparable, no solo permite un ahorro económico importante la mejora en la eficiencia del uso de nutrientes, sino que también favorece la preservación del ecosistema, ya que disminuye la lixiviación de fosfatos y nitratos a las aguas subterráneas. Otra vía importante es la solubilización biológica de (P) por

microorganismos, lo que permite que el fósforo fijado en el suelo esté disponible y mejora la absorción a través de la planta (Constantino *et al.* 2011)

Ante esta crisis de sostenibilidad impulsa la búsqueda de alternativas más ecológicas, donde los mejoradores biológicos del suelo (como diatomeas, *Trichoderma* y consorcios microbianos) se presentan como la solución más prometedora, siendo capaces de reducir la aplicación de fertilizantes químicos hasta en un 50% con resultados comparables o superiores, por ejemplo, se ha documentado que cepas de *Trichoderma spp.* no solo actúan como biocontroladores de patógenos del maíz, sino también como bioestimulantes, aumentando la biomasa foliar y radicular e incrementando la disponibilidad de nutrientes para el cultivo, este enfoque biológico es crucial para garantizar la seguridad alimentaria y forrajera sin comprometer la salud ambiental (Cortés *et al.* 2023).

8.8.1. Diatomeas

La tierra de diatomeas actúa como un excelente acondicionador del suelo mejorando su estructura física al incrementar la porosidad y la capacidad de retención de agua estos microfósiles de sílice, al incorporarse al sustrato funcionan como reservorios minerales que liberan silicio de manera gradual, fortaleciendo la resistencia mecánica de los tejidos vegetales este aporte contribuye a que las plantas desarrollen tallos más fuertes y paredes celulares más gruesas lo que disminuye notablemente el estrés hídrico y la marchitez en ambientes áridos, asimismo su carácter poroso favorece una mejor aireación de las raíces, evitando la compactación y optimizando el intercambio catiónico necesario para la absorción de nutrientes por lo cual la tierra de diatomeas no solo nutre indirectamente sino que transforma el medio del cultivo en un ambiente más equilibrado y productivo. (Soriano, 2020)

La diatomea está constituida por dióxido de silicio (SiO_2) de restos fosilizados de diatomeas de agua dulce y salada. El SiO_2 se compone cerca del 70 al 90 % del total de los compuestos presentes en la diatomea, el resto son cantidades mínimas de minerales, tales como, cristales de silicio, calcio, fósforo, azufre, níquel, zinc, manganeso, aluminio, óxido de hierro, magnesio, sodio, cal (Torres A. I., 2011). Las diatomeas son organismos unicelulares, eucariontes, autótrofos, que se caracterizan por tener una pared celular de sílice, las diatomeas tienen distribución cosmopolita, y pueden vivir en una amplia variedad de hábitats (Maidana *et al.* 2005)

La tierra de diatomeas es de origen orgánico proveniente de la acumulación de algas fósiles se pueden hallar en medios acuáticos, surgen flotando libremente como componentes del fitoplancton y también sobre áreas húmedas e incluso como epifitas, sobre otras algas, las diatomeas son responsables del 25% del carbono inorgánico que se fija cada año en el océano, la tierra de diatomeas posee un efecto de insecticida natural, protege productos agrícolas almacenados y plantas ornamentales, es estimada como un agente de purificación, filtrado, abrasivo, materiales de construcción, test de pruebas de laboratorio en medicina forense y bioindicadores (IIIana, 2008)

Las diatomeas, en particular, tienen un potencial muy alto para la prevención y el control de varias plagas de artrópodos, al ser una sustancia natural que ejerce como insecticida ayudando a la deshidratación de estos insectos, sin ser venenosa para los animales, incluidos los humanos, es un tipo de rocas sedimentarias blandas formadas naturalmente y compuestas de las capas exteriores conservadas de algas unicelulares conocidas como diatomeas (Romei & Schilman, 2024)

La tierra de diatomeas es el resultado de la acumulación de residuos fósiles de algas unicelulares que habitan en agua dulce, conocidas como diatomitas, la tierra de diatomeas es un producto con propiedades excepcionales de insecticidas que se aplica a los artrópodos en general y a los insectos específicamente, provocando una deshidratación incontrolada de estos (Torres, 2011). Un beneficio importante de la tierra de diatomeas es que, al estar constituida por algas unicelulares fosilizadas, funciona como un fertilizante muy eficaz, contiene numerosos minerales y micronutrientes que son difíciles de hallar en la mayoría de los fertilizantes, que suelen estar compuestos únicamente por fósforo, potasio y nitrógeno, sin incluir algunos nutrientes que son fundamentales para una salud vegetal adecuada, aunque se requieran en menor proporción. (Rosique, 2020).

8.8.2. *Trichoderma*

Es un hongo anaeróbico que habita de forma natural en el suelo, representado por un comportamiento saprófito o parásito, las cepas de *Trichoderma* han tenido existido como agentes de control biológico debido a su alta capacidad reproductiva, habilidad para sobrevivir bajo condiciones ambientales desfavorables, eficacia en la utilización de nutrientes, capacidad para transformar la rizósfera, fuerte agresividad contra hongos fitopatógenos y eficiencia en el desarrollo del crecimiento en plantas e inducción de mecanismos de defensa, las diferentes

especies se identifican por tener un crecimiento micelial rápido y una abundante producción de esporas, que ayuda a la colonización de diversos sustratos y del suelo (Yépez, 2018)

Trichoderma spp., al intervenir activamente en la descomposición de materia orgánica del suelo, es visto como un antagonista natural de diversos microorganismos dañinos para las plantas. Asimismo, tiene la capacidad de realizar diferentes funciones, como participar en la biotransformación de celulosa y hemicelulosa en las plantas, o en la mineralización de nitrógeno y algunas proteínas. Estos procedimientos biológicos son los que impulsan el desarrollo vegetal, otorgándole mayor vigor germinativo y fortaleciendo el crecimiento radicular. (Jurado, 2018). *Trichoderma* spp., destruye significativamente el crecimiento de los microorganismos patógenos de las plantas y regulan la tasa de crecimiento de las mismas, trabajos recientes han confirmado que las enfermedades comunes de las plantas, como la podredumbre de la raíz, el damping off, la marchitez, la podredumbre de la fruta y otras enfermedades de las plantas pueden ser controladas por *Trichoderma* spp. (Zin & Badaluddin, 2020)

Trichoderma pueden actuar como agentes de biocontrol de varias formas. Puede crecer más rápido o utilizar su fuente de alimento más que el patógeno, desplazando así al patógeno y tomando patógeno y tomar el control, lo que se conoce como competencia de nutrientes, un agente de control biológico puede excretar un compuesto que ralentiza o inhibe por completo el crecimiento de los patógenos en el alrededor de dicho compuesto, lo que se denomina antibiosis, puede alimentarse de o en una especie patógena directamente lo que se conoce como parasitismo, puede promover que una planta produzca una sustancia química que la proteja del patógeno, lo que se conoce como resistencia inducida. Resistencia, pueden crecer de forma endofítica en otras especies y apoyar el crecimiento de la planta (Waghunde *et al.* 2016).

Es necesario la implementación de productos de origen biológico que mitiguen o disminuyan el daño causado por los productos de síntesis química, puesto que existen alrededor de 1500 bioproductos que se manejan en todo el mundo, de los cuales el 50% corresponde a microorganismos donde se encuentra el uso de *Trichoderma* spp, el cual apareció en 1930, y en la actualidad se está promoviendo su uso, ya que permite generar productos biológicos a base de este hongo para diferentes cultivos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. 2017), misma que ha sido reportada como estimuladora del crecimiento en numerosos cultivos hortícola, plantas ornamentales y forestales desde la etapa de semillero (Pérez *et al.* 2013).

8.8.3. Consorcio microbiano

El consorcio microbiano es una composición controlada y bien definida de dos o más cepas de microorganismos (bacterias, hongos o ambos) que trabajan de manera sinérgica para lograr un objetivo biológico específico, este enfoque supera las limitaciones de las aplicaciones de cepas únicas, la ventaja esencial habita en que las interacciones biológicas dentro del consorcio permiten el uso secuencial o complementario de diversas vías metabólicas y mecanismos de acción, por ejemplo, una cepa puede hacer que un nutriente esté disponible para que otra cepa pueda producir una fitohormona, esta división de trabajo hace que el consorcio sea más adaptable y efectivo en ambientes complejos, como el suelo agrícola, donde las condiciones varían constantemente, certificando una mejor resiliencia y actividad biológica. (Remache, 2022)

El consorcio microbiano se ha afianzado como una herramienta potente para la Promoción del Crecimiento Vegetal (PGPV) en la agricultura sostenible, esto es debido a la activación de múltiples mecanismos que trabajan paralelamente, un consorcio bien establecido puede, a la vez, fijar nitrógeno atmosférico y solubilizar fósforo y potasio, los cuales son nutrientes esenciales a menudo inmovilizados en el suelo, además, muchos miembros del consorcio logran sintetizar fitohormonas tales como citoquinina, giberelinas y auxinas, que estimulan de forma directa la elongación celular y la formación de raíces secundarias y pelos radiculares, mejorando de manera significativa la eficiencia con la que el vegetal captura recursos hídricos y minerales del suelo, esta acción integral garantiza un desarrollo temprano más vigoroso (Mendoza *et al.* 2017).

Una de las aplicaciones ambientales más relevantes de los consorcios es en los procesos de biorremediación, donde la diversidad metabólica de la mezcla microbiana es decisiva para descomponer contaminantes complejos en el suelo, a diferencia de las cepas únicas, que a menudo se paran al degradar un contaminante hasta un metabolito intermedio, el consorcio afirma la degradación completa, distintas cepas toman la posta en la cadena de degradación, desde la fase inicial de ruptura de la molécula compleja hasta su mineralización final en CO² y agua, esta capacidad es importante para la rehabilitación de terrenos afectados por presencia de derivados del petróleo o residuos de plaguicidas organoclorados, permitiendo una reparación efectiva de la calidad del suelo. (Salazar, 2025)

El uso de tecnología de consorcios microbianos se ajusta a los principios de la agricultura sostenible porque brinda una opción diferente a los insumos agroquímicos sintéticos, al mejorar la absorción de nutrientes, disminuir la aparición de enfermedades y evitar residuos tóxicos, fomentan un sistema de producción más limpio y sano, asimismo, el empleo de consorcios nativos o que se adapten a las condiciones locales asegura una supervivencia y un desempeño más óptimos en campo, lo cual conlleva una eficacia superior de los insumos biológicos, esto ayuda a la salud del suelo a largo plazo, al incrementar su fertilidad natural y estructura, lo cual es un objetivo esencial para proteger el medio ambiente y asegurar la alimentación en la agricultura moderna. (Inunza, 2016)

El bacillus actúa como un eficaz agente de biocontrol en el suelo al colonizar rápidamente la rizosfera y establecer una relación simbiótica con las raíces del maíz, al aplicarse estas bacterias compiten por nutrientes y espacio frente a los patógenos fúngicos, en el cultivo de maíz el bacillus facilita la solubilización del fósforo y la fijación del nitrógeno nutrientes esenciales para el desarrollo de la espiga y el llenado de los granos, además induce una resistencia sistemática en la planta, preparándola para enfrentar condiciones adversas como estrés hídrico y salinidad elevada, la producción de fitohormonas por parte de esta bacteria estimula un sistema radicular más desarrollado permitiendo que la planta se ancle con mayor firmeza y aproveche el agua de las capas profundas del suelo este mecanismo no solo incrementa el rendimiento de la cosecha sino que también disminuye la dependencia de los fertilizantes químicos (Llano, 2021)

8.9.Fertilización

La fertilización, se centra en la aplicación precisa de nutrientes de síntesis química (NPK), se considera una columna esencial para maximizar la productividad del maíz para forraje en sistemas intensivos. estudios de tesis han confirmado consistentemente que la formulación NPK produce rendimientos visiblemente mayores en comparación con tratamientos orgánicos o el testigo sin fertilizar, el maíz para forraje, al ser cosechado en su totalidad, presenta una alta extracción de nutrientes, especialmente de nitrógeno (N), convirtiéndolo en indispensable su reposición inmediata con fuentes minerales altamente disponibles, las dosis optimizadas de NPK, como la fórmula 200-80-100 NPK (kg ha^{-1}), han evidenciado los mayores rendimientos de biomasa, superando las 16 (t ha^{-1}), lo que justifica su uso. (Vera *et al.* 2020).

Dentro de los sistemas de producción de maíz con fines de forraje la prioridad radica en optimizar el acopio de biomasa integral y, específicamente, el rendimiento de materia seca por hectárea, ya que esto determina el suministro alimenticio destinado a la cabaña ganadera, la fertilización, basada en la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), es fundamental para alcanzar este objetivo, el nitrógeno, en particular, es el motor del crecimiento vegetativo, promoviendo un rápido desarrollo del área foliar y la altura de la planta, una dosis adecuada y oportuna de fertilizantes sintéticos asegura que la planta no tenga limitaciones nutricionales durante su fase de mayor crecimiento, lo que se traduce directamente en una mayor producción de tallos, hojas y, finalmente, un mayor tonelaje de forraje cosechado. (Ontiveros, 2023)

8.9.1. Nitrógeno (N)

Macronutriente que el cultivo de maíz necesita en mayor cantidad en todo su ciclo biológico, siendo catalogado como el factor limitante de rendimiento por excelencia debido a que el recurso que mas restringe el potencial productivo, su importancia reside en que es un componente esencial de moléculas orgánicas vitales para la planta, el nitrógeno forma parte integral de la estructura de las proteínas, las enzimas que catalizan reacciones metabólicas y, crucialmente, de la clorofila, ante una insuficiencia en las concentraciones de nitrógeno el proceso fotosintético del espécimen se degrada considerablemente, de manera directa a la producción de carbohidratos, lo que se traduce en un menor crecimiento vegetativo y una baja eficiencia en la asimilación de otros nutrientes esenciales para el desarrollo óptimo. (Moreira, 2021)

La función más perceptible del nitrógeno en el maíz sucede durante la etapa vegetativa, cuando colabora de manera activa en la producción de biomasa y el crecimiento de las hojas, la clorofila, que es la molécula encargada de absorber la energía luminosa para realizar la fotosíntesis, tiene nitrógeno en su porfirina, en consecuencia, una disponibilidad adecuada de N garantiza que la planta de maíz conserve un área foliar amplia y funcional, así como un color verde brillante, una carencia de N se presenta rápidamente como una clorosis (amarillamiento) que empieza en las hojas más viejas (la parte inferior de la planta), porque el nutriente se desplaza hacia los tejidos jóvenes que están en crecimiento, este síntoma inicial muestra que el acopio de materia orgánica seca como el rendimiento del aparato fotosintético están siendo impactadas. (Vergara, 2015)

El nitrógeno es esencial durante todo el ciclo, su manejo es decisivo en las etapas reproductivas, específicamente durante el llenado de grano, en esta fase, el N que ya se ha acumulado en la biomasa vegetativa de la planta se re moviliza (transfiere) hacia el grano en desarrollo, la cantidad de N disponible durante el llenado define el peso del grano y el rendimiento final del cultivo, al igual que también la calidad nutricional de la cosecha, perjudicando directamente el contenido de proteínas del grano cosechado, una deficiencia de N en esta fase reduce la duración del llenado del grano y compromete la translocación de carbohidratos hacia la mazorca, resultando en granos pequeños y de bajo peso específico. (Castillo & Saravia, 2017)

8.9.2. Fósforo (P)

Macronutriente fundamental, reconocido por su rol en el almacenamiento y el flujo energético a nivel interno del cultivo de maíz, es un componente importante del adenosín trifosfato (ATP), la "moneda energética" que promueve la mayoría de los procesos celulares, incluyendo la absorción de nutrientes, el transporte de azúcares y la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, un suministro adecuado de P es primordial, especialmente en las etapas iniciales de crecimiento, cuando la planta realiza una alta inversión energética, sin suficiente fósforo, la planta no puede transformar eficientemente la energía capturada por la fotosíntesis, lo que se traduce en un metabolismo lento y un crecimiento inicial atrofiado, un síntoma común de su deficiencia. (Aguilar, 2019)

El fósforo es imprescindible en las etapas reproductivas del maíz, influyendo directamente en la floración, la formación de la mazorca y el llenado del grano, este nutriente es un componente clave polímeros genéticos (ADN y ARN), por lo que su presencia es transcendental para la transferencia de la información genética y el desarrollo de semillas, un suministro correcto de P durante el inicio de la floración asegura una buena viabilidad del polen y una fecundación efectiva, en la fase de llenado, el fósforo ayuda al peso específico del grano y a su calidad nutricional, ya que forma parte de las reservas de fitina y fosfolípidos que serán utilizadas por el grano durante la germinación posterior. (Arias, 2006)

A diferencia del nitrógeno, el fósforo un elemento caracterizado por su escasa dinámica de desplazamiento en gran parte de los sustratos terrestres, principalmente en aquellos con alto contenido de arcilla o alto/bajo pH, esta inmovilidad significa que el fósforo se fija rápidamente a las partículas del suelo y permanece cerca del punto de aplicación, obstaculizando su disponibilidad para las raíces de la planta de maíz, por esta razón, el manejo de la fertilización

fosfatada requiere su aplicación cerca de la semilla o en bandas (localizada) durante la siembra, esta práctica asegura que las raíces, aún cortas en la etapa inicial, puedan acceder fácilmente al P y satisfacer la alta demanda del nutriente que es vital para un desarrollo temprano exitoso. (Quiñonez, 2017).

8.9.3. Potasio (K)

Macronutriente indispensable que, en contraste con el nitrógeno y el fósforo, no se incluye en compuestos estructurales orgánicos. Su función principal es la de regular procesos fisiológicos fundamentales, la osmorregulación es una de las más relevantes, y consiste en gestionar el mecanismo de control de los ostiolos estomáticos en el follaje, el potasio, cuando se incluye en la alimentación adecuada de la planta, facilita que esta gestione el agua de manera eficaz, disminuyendo la pérdida por transpiración en épocas de sequía y calor, esto significa una mayor capacidad para resistir tolerar periodos de déficit hídrico y optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico disponible, dos elementos que son clave para mantener la fotosíntesis activa y garantizar el rendimiento del maíz cuando las condiciones ambientales no son favorables (Carvalho et al. 2016)

Una nutrición potásica apropiada es clave para la sanidad general del cultivo de maíz, el potasio vigoriza las paredes celulares de los tejidos vegetales, creando una barrera física más robusta contra la penetración de patógenos fúngicos y bacterianos, también participa en la síntesis de compuestos de defensa, como las fitoalexinas, este fortalecimiento estructural se extiende al tallo, mejorando su rigidez y resistencia, un tallo fuerte y sano es menos propenso al "acame" o vuelco, un problema que dificulta la cosecha mecánica y puede causar pérdidas significativas de rendimiento, especialmente en maíces de alto porte o bajo condiciones de vientos fuertes y lluvias intensas. (Cruz & Zambrano , 2024)

El potasio (K) es un nutriente fundamental para aumentar la producción de biomasa en el maíz para forraje, investigaciones han demostrado una correlación directa entre la disponibilidad de K y el rendimiento de materia seca total por hectárea, una nutrición potásica correcta ayuda a obtener un crecimiento vegetativo vigoroso, tallos más robustos y una mayor área foliar, lo que aumenta la capacidad fotosintética de la planta. esta mayor producción de fotosintatos se convierte directamente en más materia seca acumulada, además, como se detalla en estudios de posgrado, el potasio es crucial para la resistencia del tallo (acame), un factor muy importante

en maíces para forraje que alcanzan gran altura y peso, asegurando que la planta se mantenga erguida y sea cosechable mecánicamente de manera eficiente. (Intagri, 2017)

La producción de maíz para ensilaje se distingue por la extracción significativa de nutrientes, ya que se recoge toda la planta, salvo la raíz, esto contrasta con el caso en el que únicamente se recolecta el grano, uno de los macronutrientes que se retira en grandes proporciones es el potasio; por este motivo, su reposición es crucial para preservar la fertilidad del suelo y garantizar la sostenibilidad del sistema productivo, una investigación acerca de la producción y la extracción de N, P y K en el maíz para forraje en México evidenció que esta cosecha tiene la capacidad de acumular importantes cantidades de potasio. (Arias, 2006)

8.10. Antecedentes investigativos

La presente investigación consistió en la búsqueda de una solución a la escasez de agua y mala calidad de los suelos en la provincia de Santa Elena, por ello se evaluó el forraje hidropónico, el cual es una alternativa fiable como suplemento en las dietas ganaderas, por esta razón se valora el efecto de diferentes soluciones comerciales y de bokashi, con el fin de comprobar la calidad de forraje, esta investigación fue realizada bajo condiciones de invernadero, los resultados arrojaron que, al aplicar soluciones nutritivas, se puede lograr un buen rendimiento de forraje, según los análisis bromatológicos realizados se puede obtener mayor valor nutricional, lo que beneficiara al sector ganadero, ofreciendo una alternativa nutricional segura, sostenible y de bajo costo (Tomalá, 2021).

El enfoque de este estudio consistió en el análisis de la viabilidad del forraje verde hidropónico como suplemento alimenticio para animales, además, se evaluaron diferentes fuentes de forraje como (cebada, avena y maíz), también fueron aplicadas diferentes soluciones nutritivas, para lograr el propósito de esta investigación se utilizó un diseño (DCA), los resultados demostraron que la solución nutritiva en maíz alcanzo un mayor rendimiento de forraje, demostrando que las soluciones nutritivas tuvieron un impacto positivo en el nivel proteico, factor que resultó determinante para la composición química de la biomasa (Changoluisa, 2023).

El proyecto fue realizado en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, donde se evalúa el forraje verde como una alternativa viable y nutritiva para la alimentación de ganado lechero, mediante esta investigación se busca identificar los beneficios y limitantes que afectan a un buen desarrollo del forraje verde, donde se comprobó que la suplementación con forraje tiene

una incidencia directa sobre los volúmenes de ordeño y la concentración lipídica en la leche, además, se determinó que el maíz es rentable gracias a su alto valor nutricional y de fibra, la cual aporta mayor contenido de energía al animal, con la implementación de este recurso permite reducir costos en los concentrados, lo que optimiza costos operativos mientras que ofrece forraje fresco libre de contaminantes sintéticos, lo que garantiza la salud del animal y a rentabilidad (Mejía & Reyes, 2020).

9. HIPÓTESIS

Ho: La aplicación de mejoradores biológicos en el suelo no tienen un efecto en el desarrollo vegetativo y producción de forraje con la fertilización.

Ha: La aplicación de mejoradores biológicos en el suelo tienen un efecto en el desarrollo vegetativo y producción de forraje con la fertilización.

10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

10.1. Ubicación y duración del ensayo

La presente investigación fue establecida en el Centro Experimental La Playita de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, ubicado en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, sus coordenadas geográficas WGS 84: Latitud S 0° 56' 27" Longitud W 79° 13' 25" y altura de 120 msnm, el proyecto tuvo una duración de 70 días.

10.2. Tipo de investigación

10.2.1. Experimental

El presente estudio adopta un enfoque experimental, dado que las variables recolectadas se sometieron a un análisis comparativo para identificar las respuestas fisiológicas derivadas de la productividad agronómica en el maíz, en dicho proceso se integró el uso de mejoradores biológicos junto a la fertilización empleando para el análisis estadístico un modelo de bloques completamente al azar, el cual facilitó el contraste entre los distintos tratamientos.

10.2.3. Descriptiva

La investigación fue de tipo descriptiva porque se utilizaron técnicas de observación y de recopilación de datos de campo, para cada uno de los tratamientos estudiados. Este enfoque

permitió obtener resultados más precisos y detallados, mediante la observación y un registro minucioso de las variables evaluadas, se proporcionó una descripción exhaustiva y objetiva de los fenómenos estudiados, facilitando un análisis preciso y fundamentado de los tratamientos evaluados.

10.2.4 Cuantitativa

Medición de variables como rendimiento del forraje, altura de planta (cm), largo de la mazorca (cm), ancho de la mazorca (cm), número de granos por hilera, número de hilera por mazorca, número total de granos por mazorca, cosecha y pesada de biomasa fresca y seca.

10.3. Materiales y Equipos

A continuación, en la tabla 3 se detallan los materiales y equipos que se utilizaron en la investigación.

Tabla 3. Materiales y equipos

Materiales y equipos	Cantidad	Unidad
Análisis de suelo	1	Análisis
Semilla de maíz	2	kg
Diatomeas	2	kg
Trichoderma	2,1	kg
Consortio Microbiano	2,1	kg
Muriato de potasio granulado	3	libras
Urea	2	kg
Fertilizante 10-30-10	2	kg
Compost	25	kg
Green master	150	mL
Evergreen	150	mL
Shoter	90	mL
Xtrata gold	150	mL
Bomba	1	Unidad
Balanza	1	Unidad
Cintas métricas	1	Rollo de 30 m
Calibrador	1	Unidad
Machete	1	Unidad
Azadón	1	Unidad
Piola	1	Rollo de 100 m
Multímetro	1	Unidad

Elaborado por: Salguero (2026).

10.4. Tratamientos del estudio

Tabla 4. Tratamientos de la fertilización

Tratamientos	Descripción
T0	Testigo
T1	Fertilización
T2	Fertilización + Consorcio Microbiano
T3	Fertilización + Trichoderma
T4	Fertilización + Diatomeas

Elaborado por: Salguero (2026).

10.5. Diseño experimental

En la presente investigación se implementó un esquema estadístico bajo el modelo de Bloques Completos al Azar (DBCA), la estructura experimental integró 5 tratamientos y 5 repeticiones que en conjunto forma 25 unidades experimentales.

10.6. Análisis de varianza

Tabla 5. Esquema de análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Repeticiones (r-1)	4
Tratamientos (t-1)	4
Error (r-1) (t-1)	16
TOTAL	24

Elaborado por: Salguero (2026).

10.7. Manejo del ensayo

10.7.1. Análisis de suelo

La muestra fue recolectada antes de la siembra extrayéndose a una profundidad de 20 cm, correspondiente a la capa arable del suelo utilizando un barrenador, durante el ensayo se obtuvieron 20 submuestras una por cada parcela o unidad experimental, posteriormente las submuestras fueron combinadas en un recipiente plástico limpio con el propósito de conformar una muestra compuesta, finalmente se pesó un kilogramo de dicha muestra la cual fue remitida a los laboratorios de INIAP en la Estación Experimental “Pichelingue” (ver anexo 5).

10.7.2. Preparación del terreno y siembra

Las actividades comenzaron con el desbroce y la delimitación del área experimental estableciendo unidades de 4,50 m de longitud y 3,20 m de amplitud, acto seguido se llevó a cabo el volteo del suelo con el objetivo de optimizar las propiedades físicas del sustrato asegurando una emergencia uniforme.

La siembra se realizó a una profundidad de 3 cm, manteniendo una distancia de 80 cm entre hileras y 20 cm entre plantas, considerando las recomendaciones técnicas para el material empleando de 65000 plantas por hectárea.

10.7.3. Aplicación de los tratamientos

Las aplicaciones de mejoradores biológicos y fertilización se efectuaron en tres etapas definidas: la primera al momento de la siembra, la segunda a los 15 días posteriores y la tercera a los 30 días después de la siembra, en cuanto a los mejoradores biológicos las dosis aplicadas por bombeo fueron las siguientes: tierra de diatomeas a razón de 200 g por aplicación, acumulando un total de 600 g, trichoderma con 20 g por aplicación totalizando 60 g y consorcio microbiano con 100 g por aplicación sumando un total de 300 g durante el transcurso del ensayo, respecto a la fertilización esta se definió con base en un análisis del suelo y siguiendo la recomendación de quien establece que para producir una tonelada de maíz se requiere 22 kg de nitrógeno (N), 4 kg de fósforo (P_2O_5) y 19 kg de potasio (K_2O) para el cálculo de los fertilizantes se consideró una producción máxima proyectada de siete toneladas por hectárea, en consecuencia se aplicó 93,33 kg/ha de fertilizantes 10-30-10, 314,49 kg/ha de urea y 206 kg/ha de muriato de potasio (García, 2025)

Adicionalmente, durante el desarrollo del proyecto incorporaron bioestimulantes, específicamente Green Master y Evergreen con aplicaciones de 50 ml por bombeo, alcanzando un volumen total de 150 ml a lo largo de todo el estudio, estas prácticas buscan potenciar el rendimiento y la salud del cultivo mediante la combinación de estrategias biológicas y nutricionales integradas.

10.7.4. Labores culturales

10.7.4.1. Control de maleza

La eliminación de maleza se ejecutó de manera manual, para ello se utilizó machetes, teniendo cuidado de no causar daños a ninguna planta, este mantenimiento fue realizado cada 15 días o según el crecimiento de la maleza.

10.7.4.2. Control fitosanitario

Tras el establecimiento del cultivo se realizó monitoreos constantes para detectar oportunamente la presencia de insectos o enfermedades que pueda afectar al cultivo, para el control fitosanitario se utilizó un insecticida (Xstrata gold) con una dosis aplicada de 50 ml/bomba y un fungicida (Shoter) con una dosis aplicada de 30 ml/bomba, los cuales permitieron que el cultivo pueda desarrollarse libre de alguna plaga o enfermedad.

10.8. Variables evaluadas

10.8.1 Altura de la planta

La evaluación de este parámetro se realizó empleando de un flexómetro se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más alta, en cinco plantas seleccionadas por parcela. Los datos fueron registrados a los 15, 30, 45 y 60 después de la siembra y se expresó en centímetros.

10.8.2. Número de hojas

En el caso del número de hojas se contó manualmente las hojas que se encontraban completamente desarrolladas en las plantas seleccionadas para la medición del área foliar, la evaluación se realizó a los 60 después de la siembra.

10.8.3. Diámetro de tallo

Para la toma del diámetro se utilizó un calibrador, mismo que fue situado entre el primer y segundo internudo del tallo de las cinco plantas seleccionadas por parcela, las mediciones fueron tomadas a los 15, 30, 45 y 60 después de la siembra.

10.8.4. Clorofila

Se utilizó un medidor portátil de clorofila modelo SPAD 5161-LED para registrar el contenido de clorofila en las hojas, esta toma se realizó en hojas completamente desarrolladas en las cinco plantas seleccionadas por parcela, se tomó en la parte del haz de la hoja, los datos fueron expresados en unidades SPAD.

10.8.5. pH

Para ello se utilizó un barreno para la extracción de muestras de suelo a una profundidad de 20 cm de las cuales se pesaron 200 gramos, posteriormente se preparó una suspensión mediante la mezcla de la muestra de suelo con agua destilada procedimiento previo a la medición del pH, todas las muestras fueron trasladadas para su análisis al laboratorio de la Universidad técnica de Cotopaxi.

10.8.6. Conductividad Eléctrica

Para determinar la conductividad se utilizó un conductímetro eléctrico, esto se tomó de manera aleatoria en cada una de las parcelas experimentales, los datos fueron expresados en dS/m.

10.8.7. Inserción de la mazorca

Para la toma de inserción de la mazorca se midió desde el nivel del suelo hasta donde se ubica la mazorca en el tallo de la planta de maíz, la evaluación se realizó a los 70 días después de la siembra.

10.8.8. Largo y ancho de la mazorca

Se midió el largo con cinta métrica y el ancho con calibrador en cinco mazorcas bien formadas por parcela, seleccionadas al momento de la cosecha, la medición se realizó a los 70 días después de la siembra.

10.8.9. Número de hileras por mazorca

Se contó manualmente el número total de hileras de granos en cada una de las cinco mazorcas seleccionadas por parcela. La toma se realizó al momento de la cosecha.

10.8.10. Número de granos por hilera

Se contó manualmente el número total de granos en cada hilera de las cinco mazorcas recién cosechadas seleccionadas al azar por parcela o unidad experimental.

10.8.11. Número total de granos por mazorca

Se contabilizó el total de granos presentes en cada una de las cinco mazorcas seleccionadas al azar por cada parcela, esto se tomó al momento de realizar la cosecha.

10.8.12. Rendimiento de forraje (kg/ha)

La cantidad de biomasa aérea cosechada por unidad de área, relevante para producción total se estableció mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$IAF = \frac{\text{Peso del forraje de la muestra (kg)}}{\text{Área de la muestra (m}^2\text{)}} \times 10,000$$

10.8.13. Análisis económico

Para establecer los ingresos y beneficios obtenidos de cada uno de los tratamientos en estudio se consideró el precio actual que tiene la lechuga en el mercado, por lo cual se estimó los siguientes rubros: ingreso bruto por tratamiento, el rubro se debe multiplicar por la producción obtenida y por el valor comercial de la misma venta, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$IB = Y * PY$$

Donde:

IB: Ingreso bruto

Y: Producto

PY: Precio del producto

Costos totales por tratamiento (CT)

Para el cálculo de los costos totales se debe considerar cada uno de los valores invertidos para el desarrollo de las diferentes actividades e insumos que fueron empleados en la presente investigación, mismos que serán identificados y sumados por cada uno de los tratamientos.

Beneficio neto (B/N)

Se establece mediante la diferencia entre los ingresos brutos y los costos totales de cada tratamiento, esto se realiza con la siguiente fórmula:

$$BN = IB - CT$$

Donde:

BN: Beneficio neto

IB: Ingreso bruto

CT: Costos totales

Un Beneficio Neto positivo sugiere que los ingresos superan los costos, lo que indica una rentabilidad favorable, mientras que un Beneficio Neto negativo indica una situación menos rentable en la que los costos son mayores que los ingresos

Relación costo beneficio (C/B)

Se estableció la rentabilidad de los tratamientos mediante la división de los beneficios netos por el costo de producción de tratamientos, empleando la siguiente fórmula:

$$C/B = BN/CT$$

Donde:

BN: Beneficio neto

CT: Costos totales

11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

11.1. Altura de la planta

El análisis de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) mostrado en la tabla 7, evidencia que a los 15 días no existen diferencias estadísticas significativas, sin embargo, a los 30 días, 45 días y 60 días existen diferencias significativas, siendo el tratamiento T2 fertilización el que obtuvo la mayor altura de planta con 188,20 centímetros en la última evaluación, seguido del tratamiento T3 Fertilización + Consorcio microbiano con 187,40 cm de altura, como se evidencia la mayor altura de planta se obtuvo en el T2, resultados que lo cual discrepa con lo investigado por Torres (2022), quien, en su trabajo sobre el efecto complementario de consorcio microbiano en híbridos de maíz en Ecuador, estableció que este mejorador biológico tienen un impacto significativo en la variable de crecimiento, surigiendo que la bacteria no solo actuó como bioestimulante, sino que también mejoro la nutrición del cultivo al facilitar la asimilación de los nutrientes presentes en la fertilización base, esta diferencia podría deberse a la dinámica en la liberación de nutrientes del suelo o a las condiciones específicas del mismo.

Tabla 6. Altura de planta en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (*Zea mays*) para forraje.

Tratamientos	Altura de Planta (cm)			
	15 días	30 días	45 días	60 días
T1 Testigo	28,60 a	62,00 b	113,20 b	160,00 b
T2 Fertilización	36,00 a	91,60 a	154,60 a	188,20 a
T3 Fertilización + Bacillus	32,20 a	85,40 ab	150,60 ab	187,40 a
T4 Fertilización + Trichoderma	34,00 a	90,80 a	151,20 ab	176,00 ab
T5 Fertilización + Diatomeas	31,20 a	77,40 ab	139,60 ab	180,80 ab
CV	11,82	16,06	14,34	6,92

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

Elaborado por: Salguero (2026).

11.2. Número de hojas

Los resultados de los análisis de promedios ($p \leq 0,05$), detallados en el cuadro 7 revelan variaciones con relevancia estadística entre los grupos evaluados, cabe destacar que el mayor volumen foliar se registró bajo el tratamiento 4 fertilización + *Trichoderma* alcanzando 13,36, esto concuerda con los datos reportados por Quiñones y Reyes (2025), quien, en su investigación al probar el efecto trichoderma en el cultivo de maíz obtuvo un impacto positivo en la mejora de la estructura y en la disponibilidad de nutrientes, lo que resulta en un mayor número de hojas. Por su parte, las cepas de *Trichoderma* producen sustancias que ayudan a la

estimulación en el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz, lo que resulta a una mayor tasa de acumulación de biomasa, lo que aumenta el número de hojas (Rodríguez, 2024). Por lo tanto, una combinación entre una fertilización y mejoradores biológicos del suelo potencia el desarrollo foliar del maíz para forraje.

Tabla 7. Número de hojas en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (*Zea mays*) para forraje.

Tratamientos	Número de hojas (unidad)
T1 Testigo	11,76 b
T2 Fertilización	12,78 ab
T3 Fertilización + Bacillus	12,88 ab
T4 Fertilización + Trichoderma	13,36 a
T5 Fertilización + Diatomeas	12,80 ab
CV	7,36

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

Elaborado por: Salguero (2026).

11.3. Diámetro de tallo

Una vez evaluado el diámetro de tallo en los diversos tratamientos, se evidencia en la tabla 8 que en el periodo 15 días, 30 días y 60 días no se registraron variaciones estadísticas relevantes ($p > 0,05$) entre los tratamientos, sin embargo, a los 45 días sí existió diferencias significativas, siendo al final el T2 fertilización, el que obtuvo mayor diámetro de tallo con 2,36 cm.

Se observó que la fertilización promovió el desarrollo del tallo asimismo los mejoradores biológicos demostraron un desempeño favorable demostrando su eficacia como alternativa complementaria, lo cual concuerda con Rivero *et al.*, (2024), el cual manifiesta que, al aplicar mejoradores de suelo se puede obtener un efecto positivo en el diámetro del tallo. Asimismo, la suplementación nutricional eleva el crecimiento en cultivos de maíz, que, en combinación con los mejoradores biológicos, logran un mayor desarrollo, en términos de crecimiento como engrose del tallo, ya que, este es un factor importante, puesto que las plantas con una buena arquitectura y un tallo de un grosor adecuado les permite un buen sostenimiento de las plantas (Vera *et al.*, 2023). El diámetro de tallo resulta fundamental, no solamente para que la planta pueda sostenerse, sino también para tener una adecuada conducción y distribución de agua y nutrientes, además de permitir el soporte de carga productiva, aspectos directamente relacionados con el uso eficiente de los nutrientes aplicados.

Tabla 8. Diámetro de tallo en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (*Zea mays*) para forraje.

Tratamientos	Diámetro de tallo (cm)			
	15 días	30 días	45 días	60 días
T1 Testigo	1,03 a	1,58 a	1,76 b	1,99 a
T2 Fertilización	1,33 a	1,85 a	2,20 a	2,36 a
T3 Fertilización + Bacillus	1,20 a	1,75 a	2,00 ab	2,17 a
T4 Fertilización + Trichoderma	1,38 a	1,86 a	2,20 a	2,24 a
T5 Fertilización + Diatomeas	1,23 a	1,71 a	2,06 ab	2,26 a
CV	17,21	14,13	10,57	10,95

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

Elaborado por: Salguero (2026).

11.4. Clorofila

En la tabla 9 se presentan los valores de clorofila (SPAD), se puede observar que los tratamientos con fertilización y mejoradores biológicos son superiores al tratamiento testigo en todos sus períodos de evaluación siendo estadísticamente diferente a este tratamiento, por lo cual a los 60 días los tratamientos T2, T3, T4 y T5 presentaron valores superiores en comparación al testigo, siendo el T2 el que obtuvo un mayor valor con 50,20 SPAD, seguido por el T3 con un valor de 48,53 SPAD, los valores más altos se observaron en los mejoradores biológicos del suelo, indicando una mejora en estado nutricional del cultivo y asimilación de nutrientes relacionados con la síntesis de clorofila. En este contexto Rodríguez y Vargas (2021) mencionan que los mejoradores de suelo microbianos influyen de manera positiva en la nutrición vegetal, al estimular los procesos fisiológicos que optimizan el proceso fotosintético. Asimismo, mejoradores como la *Trichoderma* y el Consorcio microbiano de acuerdo con Cortés *et al.*, (2023) pueden actuar como estimuladores del crecimiento vegetal y bioestimulantes, ya que estos producen sustancias que favorecen a la absorción de los nutrientes, particularmente aquellos que son esenciales en la síntesis de la clorofila. En este contexto los resultados del presente estudio evidencian que una integración de fertilización convencional con mejoradores de suelo potencia la eficiencia en el uso de nutrientes en el cultivo de maíz.

Tabla 9. Clorofila en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (*Zea mays*) para forraje.

Tratamientos	Clorofila (SPAD)			
	15 días	30 días	45 días	60 días
T1 Testigo	37,46 b	37,86 b	42,07 a	43,10 b
T2 Fertilización	44,93 a	45,28 a	44,38 a	50,20 a
T3 Fertilización + Bacillus	43,45 a	45,44 a	43,79 a	48,53 a
T4 Fertilización + Trichoderma	42,58 a	46,89 a	46,04 a	47,95 a
T5 Fertilización + Diatomeas	42,09 a	47,96 a	44,87 a	47,64 a
CV	5,26	4,81	5,23	5,15

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

Elaborado por: Salguero (2026).

11.5. pH

Al evaluar el pH en cada uno de los tratamientos, se puede observar que no existen diferencias significativas en ninguno de los períodos evaluados, a los 60 días el T2 fertilización fue el que obtuvo mayor pH con 6,60 seguido de cerca por el T3 fertilización + Consorcio microbiano con 6,54, lo que indica que los mejoradores de suelo empleados en este estudio no modificaron de manera significativa la reacción de suelo.

La ausencia de diferencia estadísticas significativas en el pH del suelo evidencia que la aplicación de fertilizantes, así como la combinación de mejoradores biológicos, no inducen modificaciones drásticas en la reacción del suelo a corto y mediano plazo, conforme al período evaluado, esta estabilidad del pH resulta beneficiosa para el desarrollo del cultivo, siempre que el suelo mantenga un pH cercano al óptimo de 6,5 condición que promueve una adecuada disponibilidad de nutrientes. Este hallazgo respalda los reportes de Díaz et al. (2024), quienes destacan que el uso de consorcios microbianos contribuye a la estabilización del pH del suelo a través de procesos de solubilización de nutrientes y producción de ácidos orgánicos, generando un efecto amortiguador. De igual forma, Glick (2012) señala que el género *Bacillus* posee una destacada capacidad para solubilizar fosfatos inorgánicos mediante la secreción de ácidos orgánicos contribuyendo a la regulación del pH sin causar fluctuaciones extremas en la reacción del suelo.

Tabla 10. pH en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (*Zea mays*) para forraje.

Tratamientos	pH			
	15 días	30 días	45 días	60 días
T1 Testigo	6,40 a	6,40 a	6,36 a	6,46 a
T2 Fertilización	6,32 a	6,54 a	6,56 a	6,60 a
T3 Fertilización + Bacillus	6,30 a	6,38 a	6,48 a	6,54 a
T4 Fertilización + Trichoderma	6,40 a	6,40 a	6,34 a	6,46 a
T5 Fertilización + Diatomeas	6,34 a	6,30 a	6,38 a	6,52 a
CV	4,20	2,50	2,55	1,84

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

Elaborado por: Salguero (2026).

11.6. Conductividad Eléctrica (CE)

Los registros de conductividad eléctrica recolectados tras 15,30,45 y 60 días de la siembra se detallan en el cuadro 11. En todos los períodos de evaluación en T1 el Testigo presentó los valores más bajos con $62,60 \mu\text{S cm}^{-1}$, $62,80 \mu\text{S cm}^{-1}$, $60,80 \mu\text{S cm}^{-1}$ y $61,80 \mu\text{S cm}^{-1}$ respectivamente, mientras que los tratamientos en los cuales se empleó fertilización y mejoradores biológicos del suelo se expresaron valores superiores al T1, lo que indica una presencia reducida de sales disueltas en la matriz del suelo en ausencia de fertilizantes y mejoradores de suelo, en contraste los tratamientos que registraron los valores más altos fueron T5 Fertilización + Diatomeas con una CE de $319 \mu\text{S cm}^{-1}$, seguido por el T3 Fertilización + Consorcio microbiano con una CE de $253 \mu\text{S cm}^{-1}$, este incremento se asocia directamente a la incorporación de fertilizantes minerales y de enmiendas biológicas, las cuales tienden a aumentar temporalmente la disponibilidad de sales disueltas en la solución del suelo disponibles para la planta (Lutfi, 2012). De acuerdo con Moncada y Tocaín (2022) valores elevados de CE en el suelo dificultan el manejo apropiado de fertilizantes llegando a provocar problemas de toxicidad en el cultivo, sin embargo, para el cultivo de maíz se considera como niveles tolerables valores entre 1 y 3 dS cm^{-1} , sin producir efectos negativos que puedan asociarse al estrés por salinidad del suelo (Bastías *et al.*, 2011). En este contexto, pese al incremento de la CE en los tratamientos con fertilización y mejoradores de suelo, no se evidencian efectos negativos sobre las variables fisiológicas del cultivo de maíz para forraje, puesto que al convertir los valores obtenidos en el presente de $\mu\text{S cm}^{-1}$ a dS cm^{-1} , estos se encuentran muy por debajo del rango señalado, lo cual indica que no existen niveles de salinidad en suelo perjudiciales al cultivo.

Tabla 11. Conductividad eléctrica en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (*Zea mays*) para forraje.

Tratamientos	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)			
	15 días	30 días	45 días	60 días
T1 Testigo	62,60 d	62,80 c	60,80 c	61,80 c
T2 Fertilización	253,00 b	253,80 ab	185,20 b	249,60 b
T3 Fertilización + Bacillus	209,80 c	219,20 b	236,00 b	253,00 b
T4 Fertilización + Trichoderma	203,20 c	206,00 b	210,40 b	211,40 b
T5 Fertilización + Diatomeas	307,60 a	303,60 a	316 a	319,00 a
CV	9,36	15,97	17,42	11,70

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

Elaborado por: Salguero (2026).

11.7. Inserción de la mazorca

En lo que respecta a la inserción de mazorca podemos observar en la tabla 12 que, sí existe diferencias significativas entre los tratamientos, donde el T3 Fertilización + Consorcio microbiano con un valor de 111,28 cm de altura en la inserción de la mazorca es el valor más alto, este comportamiento que sugiere la incorporación de fertilizantes combinado con Consorcio Microbiano favorecen al desarrollo vegetativo del maíz para forraje, particularmente en la elongación de su tallo resultando una mayor altura de inserción de su mazorca. Martínez *et al.*, (2018), presentó resultados similares en su investigación al evaluar mejoradores biológicos del suelo y fertilización química evidenciando incrementos significativos en variables morfológicas de crecimiento de la planta, lo que se atribuye a tener una mejor eficiencia de permeabilidad de agua y nutrientes del suelo. Asimismo, Tsotetsi *et al.*, (2022), señala que las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetativo, como Bacillus, tienen un rol fundamental, particularmente en la elongación del tallo de la planta, gracias a su capacidad para solubilizar los nutrientes del suelo y producción de fitohormonas que permiten mejorar la interacción entre el suelo y la planta, lo cual para el cultivo de maíz resulta determinante, puesto que como ya se apreció con base a los resultados obtenidos en este estudio influye directamente en la altura de la inserción de la mazorca, variable directamente relacionada con el vigor de la planta optimizando su arquitectura y potencial de producción.

Tabla 12. Inserción de la mazorca en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (*Zea mays*) para forraje.

Tratamientos	Inserción de la mazorca (cm)
T1 Testigo	92,80 b
T2 Fertilización	105,60 ab
T3 Fertilización + Bacillus	111,28 a
T4 Fertilización + Trichoderma	106,96 ab
T5 Fertilización + Diatomeas	99,04 ab
CV	8,42

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

Elaborado por: Salguero (2026).

11.8. Largo y ancho de la mazorca

Con base en la tabla 13 se puede evidenciar que de acuerdo con el análisis estadístico realizado la ausencia de variaciones estadísticas entre los tratamientos en ninguna de las dos variables de estudio, lo cual sugiere una respuesta similar a la fertilización y la mezcla con mejoradores de suelo. No obstante, el T5 fertilización + diatomeas sobresalió en la comparativa de promedios, con un ancho de hoja de 3,34 cm y en largo de hoja de 17,81 cm, evidenciando una tendencia favorable a la utilización de este mejorador.

Los resultados del presente estudio concuerdan con los obtenidos por Vera *et al.*, (2024), quienes en su investigación demostraron que los mejoradores biológicos de suelo presentaron mayor valor en el largo y ancho de la mazorca, ya que ayuda a mejorar el aprovechamiento de los nutrientes y con ello se logra un buen llenado de la misma. De igual manera Lata *et al.*, (2024), señalan que las Diatomeas gracias a que aportan silicio ayudan al fortalecimiento de las membranas celulares del tallo y follaje, mejorando la resistencia al estrés, logrando obtener plantas más fuertes y erectas; este efecto estructural permite a la planta tener un desarrollo equilibrado de sus órganos vegetativos, lo que puede influir significativamente en la formación y desarrollo de la mazorca. En este contexto, pese a no existir diferencias estadísticas significativas entre los resultados de los tratamientos estudiados, estos permiten sugerir que la aplicación de Diatomeas como mejorador del suelo en combinación con fertilizantes minerales, favorecen al desarrollo vegetativo de la planta, sin afectar negativamente al comportamiento de la misma, aportan directamente a la formación de la mazorca.

Tabla 13. Ancho de la mazorca y largo de la mazorca en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (*Zea mays*) para forraje.

Tratamientos	Ancho de la mazorca (cm)	Largo de la mazorca(cm)
T1 Testigo	3,13 a	16,90 a
T2 Fertilización	3,24 a	17,74 a
T3 Fertilización + Bacillus	3,33 a	17,78 a
T4 Fertilización + Trichoderma	3,31 a	17,68 a
T5 Fertilización + Diatomeas	3,34 a	17,81 a
CV	5,96	6,34

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

Elaborado por: Salguero (2026).

11.9. Número de granos por hilera

Con relación al número de granos por hilera, en la tabla 14 se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos analizados, afirmando que el T2 fertilización es el más destacado con 40,32 granos promedio por hilera, seguido por el tratamiento T4 Fertilización + Diatomeas que alcanzó un promedio de 39,44 granos por hilera, estos resultados indican que el uso de fertilizantes y la combinación de estos con mejoradores de suelo favorecen al desarrollo productivo del cultivo de maíz, puesto que, aunque, el tratamiento de fertilización presentó el valor más alto, los tratamientos con mejoradores de suelo muestran valores muy cercanos a este, sugiriendo un manejo adecuado y una respuesta positiva para el cultivo. Resultados similares fueron reportados por Urrutia (2019), quien al evaluar el efecto de la *Trichoderma* en diferentes variedades de maíz obtuvo valores ligeramente superiores, atribuyendo este comportamiento a la capacidad del hongo para mejorar la movilidad y disponibilidad de nutrientes durante las distintas etapas de desarrollo del cultivo. Por su parte Bhaumik *et al.*, (2024), señala que la cantidad de granos de una mazorca está relacionada con la producción y liberación de polen, así como al desarrollo de óvulos, siendo esencial una adecuada disponibilidad de nutrientes que promuevan la formación de flores.

Tabla 14. Número de granos por hilera en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (*Zea mays*) para forraje.

Tratamientos	Número de granos por hilera (unidad)
T1 Testigo	36,70 b
T2 Fertilización	40,32 a
T3 Fertilización + Bacillus	39,06 ab
T4 Fertilización + Trichoderma	39,44 ab
T5 Fertilización + Diatomeas	38,94 ab
CV	5,55

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

Elaborado por: Salguero (2026).

11.10. Número de hileras por mazorca

Según se observa en la tabla 15 no existen diferencias significativas entre los tratamientos de conformidad con el análisis estadístico realizado, sin embargo, numéricamente el T2 tratamiento convencional obtuvo un mayor valor de granos por hilera con 14,32, seguido por el tratamiento T4 fertilización + *Trichoderma* con 14,28 granos por hilera, la similitud de valores obtenidos en el estudio sugiere que tanto la fertilización como la combinación con mejoradores de suelo favorecen la productividad del maíz, especialmente en la formación de sus granos. Los resultados del estudio desde un punto de vista numérico contrastan ligeramente con lo reportado por Hernández *et al.*, (2022), quienes evidencian un incremento ligero en el número de hileras por mazorca en los tratamientos donde se utilizaron mejoradores de suelo en comparación a los tratamientos que se suministraron fertilización dentro de su investigación. Por otra parte, aunque el tratamiento de fertilización obtuvo el mayor valor numérico en este estudio, los resultados obtenidos con respecto a los tratamientos que combinan este tipo de fertilización con mejoradores de suelo concuerdan en que ambos manejos optimizan la nutrición del cultivo y favorecen al desarrollo de la mazorca. De manera similar, Estrada (2020), establece que la aplicación de mayores cantidades de mejoradores de suelo, mejora la estructura de este, aumentando la disponibilidad de nutrientes, volviéndolos más eficientes y con ello, aumentando la productividad del cultivo.

En este sentido, un manejo nutricional eficiente, que implique combinaciones de fertilizantes con mejoradores de suelo, va a contribuir a la formación de órganos florales, gracias a las acciones de redistribución de nutrientes que tiene los microorganismos benéficos como los empleados en este estudio, lo cual favorecerá no solo al crecimiento vegetativo del cultivo sino también a su reproducción y posterior producción., en conjunto, los resultados de la presente investigación, indican particularmente que el uso combinado del mejorador de suelo

Trichoderma con fertilizantes, permite un adecuado desarrollo de la mazorca, sobre todo respecto a la cantidad de hileras, puesto que no se evidencian estadísticamente hablando diferencias con respecto a la fertilización sola, lo que evidencia el potencial que posee como complemento nutricional para el cultivo.

Tabla 15. Número de hileras por mazorca en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (*Zea mays*) para forraje

Tratamientos	Número de hileras por mazorca (unidad)
T1 Testigo	13,64 a
T2 Fertilización	14,32 a
T3 Fertilización + Bacillus	13,76 a
T4 Fertilización + Trichoderma	14,28 a
T5 Fertilización + Diatomeas	14,04 a
CV	6,99

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

Elaborado por: Salguero (2026).

11.11. Número total de granos por mazorca

La tabla 16 muestra que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, donde el T2 fertilización registró el mayor número de granos promedio por mazorca con 577,32, seguido por el T4 fertilización + *trichoderma* con 563,52 granos por mazorca, resultados que indican que bajo las condiciones en la que se realizó este estudio, la fertilización como la combinación con mejoradores de suelo, afectan positivamente al desarrollo productivo del maíz, favoreciendo al llenado de los granos en su mazorca, pues al observar los datos, estos no son tan alejados numéricamente hablando.

Resultados distintos fueron reportados por Martínez *et al.*, (2018), quienes al evaluar diferentes mejoradores de suelo observaron un incremento en número total de granos por mazorca, sugiriendo que dicho comportamiento a una adecuada disposición de nutrientes y eficiencia en la absorción, particularmente durante las etapas de reproducción del cultivo. Por su parte Barreto y Pinos (2023), también reportan valores superiores del número de granos por mazorca al evaluar mejoradores de suelo en su investigación, lo que refleja su efectividad y potencial agronómico. Las conclusiones de la actual investigación evidencian que, en las condiciones bajo las que se estableció la investigación, la fertilización es determinante para mejorar el número de granos por mazorca, mientras que por su parte los mejoradores de suelo actúan simplemente como una herramienta complementaria, que mejoran la disponibilidad de nutrientes aportando a que sean más eficientes en su absorción, en este contexto las fertilizaciones combinadas de fertilizantes con mejoradores biológicos del suelo pueden

favorecer el desarrollo del cultivo, pero no se evidencia que puedan sustituir completamente los efectos de la fertilización mineral.

Tabla 16. Número total de granos por mazorca en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (*Zea mays*) para forraje.

Tratamientos	Número total de granos por mazorca (unidad)
T1 Testigo	500,08 b
T2 Fertilización	577,32 a
T3 Fertilización + Bacillus	536,68 ab
T4 Fertilización + Trichoderma	563,52 a
T5 Fertilización + Diatomeas	545,40 ab
CV	8,82

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

Elaborado por: Salguero (2026).

11.12. Rendimiento de forraje (Kg/ha⁻¹)

En la tabla 17, se muestra el análisis estadístico de las medias correspondientes al rendimiento para forraje, donde se puede apreciar que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos analizados, siendo el tratamiento T4 Fertilización + *Trichoderma* el que obtuvo el mejor rendimiento con 44497,60 Kg/ha⁻¹, seguido por el T3 Fertilización + Consorcio microbiano con un rendimiento de 42882,60 Kg/ha⁻¹. Resultados que indican que incorporar mejoradores de suelo de tipo biológico combinados con fertilizantes, favorece significativamente a la producción de biomasa forrajera en el cultivo de maíz, particularmente el uso de *Trichoderma* muestra una respuesta superior al resto, lo cual puede deberse a la capacidad que tiene el hongo para estimular el desarrollo y crecimiento vegetal, gracias a la generación de sustancias que favorecen a la división y elongación celular, al desarrollo radicular, favoreciendo la absorción de agua y nutrientes, acelerando el desarrollo de la planta y la acumulación de biomasa (Castellanos, 2006).

Resultados similares fueron reportados por Ontiveros (2023), quien manifiesta que al evaluar el Bacillus obtuvo resultados comparables a la presente investigación, gracias a que este mejorador ayuda a potenciar el crecimiento y desarrollo de las plantas a través de su capacidad fijadora de nitrógeno, lo que en combinación con fertilizantes permite al cultivo disponer de los nutrientes necesarios para potenciar el rendimiento de forraje. En este contexto, los resultados obtenidos evidencian que combinar mejoradores de suelo especialmente Consorcio microbiano y *Trichoderma*, constituye una estrategia eficiente para mejorar el rendimiento de forraje del maíz, destacando su potencial como una alternativa complementaria dentro del manejo y nutrición del cultivo.

Tabla 17. Rendimiento de forraje (kg/ha) en la aplicación de mejoradores biológicos del suelo (diatomeas, trichoderma y consorcio microbiano) frente a fertilización en cultivo de maíz (*Zea mays*) para forraje.

Tratamientos	Rendimiento de forraje (Kg/ha ⁻¹)
T1 Testigo	27985,40 b
T2 Fertilización	35537,60 ab
T3 Fertilización + Bacillus	42882,60 a
T4 Fertilización + Trichoderma	44497,60 a
T5 Fertilización + Diatomeas	38087,80 ab
CV	19,45

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

Elaborado por: Salguero (2026).

11.13. Análisis Económico

En la tabla 18 se presenta el análisis económico detallado de los tratamientos evaluados, donde el tratamiento T4 (Fertilización + *Trichoderma*) destaca como el de mayor desempeño financiero, alcanzando un beneficio neto de \$ 3309,09, una relación beneficio/costo de 1,95 y una rentabilidad del 195,01%. De la misma, el T3 (Fertilización + Consorcio microbiano) resultó ser competitivo económicamente hablando, con un beneficio neto de \$ 3133,40, una relación B/C de 1,85. Los resultados obtenidos demuestran que, aunque los mejoradores de suelo incrementaron los costos de producción en comparación con el tratamiento testigo y el de fertilización, el aumento de forraje compensó la inversión realizada, generando réditos económicos mayores.

Por tanto, la integración de una combinación de mejoradores biológicos (*Trichoderma*) y fertilización mejora significativamente la viabilidad económica del cultivo de maíz para forraje.

Tabla 18. Análisis económico de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Rendimiento (Kg)	Precio (Kg)	Beneficios Brutos (\$)	Total Costos (\$)	Beneficios Netos (\$)	B/C	Rentabilidad %
Testigo	27985,40	0,113	3148,36	1275,13	1873,23	1,47	146,91
Fertilización	35537,60	0,113	3997,98	1660,90	2337,09	1,41	140,71
Fertilización + Bacillus	42882,60	0,113	4824,29	1690,90	3133,40	1,85	185,31
Fertilización + Trichoderma	44497,60	0,113	5005,98	1696,90	3309,09	1,95	195,01
Fertilización + Diatomeas	38087,80	0,113	4284,88	1700,90	2583,98	1,52	151,92

**** Todos valores económicos se encuentran en la unidad monetaria de USD**

Elaborado por: Salguero (2026).

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS)

La presente investigación aporta la eficacia de los mejoradores biológicos del suelo como *Trichoderma*, Consorcio microbiano y Diatomeas, complementado con una fertilización en el cultivo de maíz para forraje. Los resultados obtenidos permitieron establecer criterios técnicos para el uso en campo, además, demostrara su efectividad sobre las variables fisiológicas y agronómicas del cultivo, con esta investigación se busca fortalecer el manejo integrado de la nutrición vegetal, promoviendo así sistemas más eficientes.

El uso de mejoradores biológicos del suelo junto con fertilizantes asegura la resiliencia al mantener rendimientos altos de forraje, lo que asegurara el forraje con diferentes fines y a la estabilización de las familias rurales, con esta transición se procura una adaptación tecnológica permitiendo al agricultor realice y comprenda practicas sostenibles que beneficien al medio ambiente.

La presente investigación genera un gran impacto en el medio ambiente, al utilizar una combinación de mejoradores biológicos y fertilizante convencional, se logra optimizar la absorción de nutrientes sintéticos, generando una reducción de lixiviación en el medio ambiente, mismos que generan un efecto invernadero, los mejoradores de suelo actúan como una barrera física-química que ayudan a evitar daños en el suelo causado por fertilizantes, además, ayudan a restaurar la biodiversidad de los ecosistemas agrícolas, logrando obtener suelos ricos en nutrientes a largo plazo.

La integración de mejoradores de suelo como *Trichoderma*, Consorcio microbiano y Diatomeas en los sistemas de fertilización permite mejorar el aprovechamiento de los nutrientes para el cultivo, lo que significa mayor rendimiento de forraje, con ello los costos se reducirán drásticamente ya que, no existirá el uso excesivo de fertilizantes sintéticos, por lo que, el productor obtendrá un mayor retorno de inversión y con ello se logrará una buena rentabilidad en el maíz para forraje, finalmente, la implementación de mejoradores biológicos del suelo representa una alternativa económicamente viable para optimizar la eficiencia productiva de los sistemas agrícolas.

13. PRESUPUESTO

En la tabla 20, se muestra todos los insumos y materiales utilizados en la investigación:
análisis

Tabla 19. Presupuesto de la investigación

Materiales y equipos	Cantidad utilizada	Unidad	Costo Unitario	Costo de ensayo
Análisis de suelo	1	Análisis	35,00	35,00
Semilla de maíz	2	Kg	18,33	36,67
Diatomeas	200	g	0,02	4,00
Trichoderma	200	ml	0,018	3,60
Consortio Microbiano	200	g	0,02	3,00
Muriato de potasio granulado	2,15	Kg	0,70	1,51
Urea	3,28	Kg	0,56	1,84
Fertilizante 10-30-10	1	Kg	0,70	0,70
Compost	25	Kg	0,40	10,00
Green master	150	mL	0,0070	1,05
Evergreen	150	mL	0,0148	2,21
Shoter	90	mL	0,0250	2,25
Xtrata gold	150	mL	0,0900	13,50
Bomba	1	Unidad	50,00	50,00
Balanza	1	Unidad	25,00	25,00
Cintas métricas	1	Rollo de 30 m	15,00	15,00
Calibrador	1	Unidad	7,00	7,00
Machete	1	Unidad	8,00	8,00
Azadón	1	Unidad	10,00	10,00
Piola	1	Rollo de 100 m	2,50	2,50
Multimetro	1	Unidad	70,00	70,00
Mano de obra general	5	Jornal	15	75
Mano de obra Calificada	10	Jornada	30,00	300,00
	Subtotal			665,15
	Imprevistos			66,52
	Total			731,67

Elaborado por: Salguero (2026).

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se determinó que la aplicación combinada de mejoradores biológicos y fertilización ejerce un efecto sinérgico positivo sobre el crecimiento y desarrollo del maíz para forraje, si bien la integración de ambos tratamientos optimizó la respuesta del cultivo, la fertilización se consolidó como el factor determinante mostrando un impacto significativamente mayor en la mayoría de variables evaluadas.
- Se concluye que todos los tratamientos evaluados ejercieron un efecto positivo en la productividad de biomasa, sin embargo, la combinación de fertilización más trichoderma (T4) se constituyó como la estrategia más eficiente alcanzando un rendimiento sobresaliente de 44497,60 kg/ha⁻¹ superando incluso a los resultados obtenidos mediante la fertilización (T2)
- Se estableció que la aplicación de mejoradores biológicos en combinación con la fertilización influye de manera diferenciada en las propiedades químicas del suelo en cuanto al pH no se registraron diferencias estadísticas significativas manteniendo valores estables de 6.30 a 6.60 en todos los periodos, de igual forma el testigo presentó consistentemente los valores más bajos de conductividad eléctrica lo que indica que la fertilización y los mejoradores incrementan la presencia de sales disueltas, el impacto en la clorofila fue notablemente positivo en donde todos los tratamientos superaron al testigo, el tratamiento fertilización (T2) alcanzó el valor más alto con 50,20 SPAD demostrando que aunque los mejoradores biológicos mantienen niveles óptimos de clorofila, la fertilización sigue siendo el factor con mayor influencia directa en la concentración de este pigmento.
- El análisis económico evidenció también que los tratamientos con mejoradores de suelo incrementan significativamente la rentabilidad del cultivo de maíz para forraje, donde el tratamiento T4 Fertilización + Trichoderma alcanzó los mayores beneficios económicos con una rentabilidad de 195,01%, seguido del T3 Fertilización + Consorcio Microbiano con 185,31% de rentabilidad, a diferencia del testigo que, aunque mostró también ser rentable, mostró los valores menores en cuantos indicadores económicos.
- Basado en los resultados de la presente investigación se acepta la hipótesis alternativa (Ha), ya que la aplicación de mejoradores biológicos en el suelo tiene un efecto en el desarrollo vegetativo y producción de forraje con la fertilización.

Recomendaciones

- Se sugiere implementar la fertilización en conjunto con trichoderma, empleando una dosis de 1 gramo/ litro tal como fue implementado en el presente estudio, esta práctica demostró ser la más efectiva para optimizar la producción de forraje.
- Es pertinente extender este modelo de estudio a diversas regiones del país con el objetivo de comprobar el efecto combinado de los mejoradores biológicos y la fertilización en la producción de maíz.
- Estudiar la combinación de mejoradores biológicos y fertilización en diferentes cultivos, con el fin de obtener información precisa de los nutrientes que aporta en las diferentes variables a evaluar, según el cultivo evaluado.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Bhaumik, S., Kashyap , R., & Ghosh, A. (2024). Efecto de los nutrientes esenciales para las plantas sobre el crecimiento y el rendimiento (*Zea mays* L.). *Springer*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/384367424_Effect_of_essential_plant_nutrients_on_growth_and_yield_of_maize_crop_Zea_mays_L_a_review
- Díaz, H., Díaz, P., & Arévalo, Y. (2024). Respuesta del maíz a la aplicación del consorcio microbiano y su combinacion con biol, en condiciones de tropico seco. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 1-12. Obtenido de <https://repositorio.inia.gob.pe/server/api/core/bitstreams/25f0cc0d-4519-477e-a480-79f9c37a74f2/content>
- Glick , B. (2012). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal: mecanismos y aplicaciones. *Scientifica*, 1-15. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3820493/>
- Pérez, A., Barboza, A., Chamorro, L., & Peroza, P. (2023). MICROORGANISMOS BENÉFICOS: UNA ALTERNATIVA PARA LA RECUPERACIÓN DEL TEJIDO SOCIAL, PAZ TERRITORIAL Y EMPRENDIMIENTO EN CULTIVOS DE AGUACATE EN ZONAS DE POSCONFLICTO, MONTES DE MARÍA. *Tirant lo blanch*. Obtenido de https://editorial.tirant.com/free_ebooks/9786287653115.pdf
- Rivero , M., Quimi , D., Marín , C., & Vélez , M. (2024). Efecto de la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno en el desarrollo del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Ciencia y Tecnología*, 10-15. Obtenido de <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/721/867>
- Tsotetsi , T., Nephali , L., Malebe, M., & Tugizimana , F. (2022). Bacillus para la promoción del crecimiento de las plantas y la resiliencia al estrés: ¿Qué hemos aprendido? *National library of medicine*. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9571655/>
- Aguilar, J. (2019). *Evaluación de los diferentes niveles de fertilización con NPK en el cultivo de maíz (Zea mays) sembrado en condiciones de secano en la zona de Ventanas*. Ventanas: UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/704f30ba-855d-4717-bc6c-64f74b6f130b/content>

- Arias, L. (2006). *Deficiencias de fósforo y potasio en maíz. Efectos sobre el área foliar, crecimiento y absorción de nutrientes*. Universidad de Buenos Aires. Obtenido de <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2015ariasusandivarasluismaria.pdf>
- Avila, J., Avila, J., Martinez, D., & Rivas, F. (2020). *El cultivo de maíz Generalidades y sistemas de producción en el noroeste*. Universidad de Sonora. Obtenido de <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DE%20MAIZ.pdf>
- Baque, E., & Carpio, M. (2023). *Eficiencia agronómica de nitrógeno y producción de maíz (Zea mays L.) con fertilización orgánica y mineral en la Parroquia El Vergel*. La Maná - Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4db7ac3d-f129-417a-8117-2b5d47cb249a/content>
- Barreto, W., & Pinos, D. (2023). Evaluación del rendimiento en la producción de maíz mediante la aplicación de tres bioestimulantes en el cantón joya de los sachas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8928 - 8950. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/6005-Texto%20del%20art%C3%ADculo-23814-1-10-20230526%20\(1\).PDF](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/6005-Texto%20del%20art%C3%ADculo-23814-1-10-20230526%20(1).PDF)
- Bastías, E., Díaz, M., Pacheco, P., Bustos, R., & Hurtado, E. (2011). *Caracterización del maíz “Lluteño” (Zea mays L. tipo amylacea) proveniente del norte de Chile, tolerante a NaCl y exceso de boro, como una alternativa para la producción de bioenergía*. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v29n3/art02.pdf>
- Benítez, O. (2022). *Influencia de los factores climáticos en la producción de maíz en México*. Obtenido de https://www.depfe.unam.mx/especializaciones/revista/3-2-2022/03_EAE_Benitez-Lopez_2022.pdf
- 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*. Obtenido de <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/262/252>
- Bonilla, J. (2023). *Evaluación de dos híbridos de maíz (Zea mays) usando diferentes dosis de biol en el Cantón El Triunfo*. El Triunfo - Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.

- Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BONILLA%20REYES%20%20JORDY%20ALFONSO.pdf>
- Cabrera, E. (2 de Octubre de 2025). *Etapas reproductivas del maíz : floración, polinización y llenado de grano*. Obtenido de <https://blog.cambiagro.com/maiz/etapas-reproductivas-del-maiz/>
- Carvalho, J., Bonfim, E., Araújo, T., Sousa, H., Guimarães, S., & Pacheco, A. (2016). Nitrogen and potassium in production, nutrition and water use efficiency in wheat plants. *Ciencia e Investigación Agraria*, 442-451. Obtenido de <https://www.revistadisena.uc.cl/index.php/ijanr/article/view/36541/28439>
- Castellanos, P. (2006). *Efecto de la aplicación de Trichoderma harzianum en el rendimiento de los cultivos de maíz y sorgo para ensilaje en Zamorano*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/80ce73fe-ec08-4d86-a691-49fe7cd7c052/content>
- Castillo, J., & Saravia, J. (2017). *Evaluación de tres dosis de nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de dos híbridos de maíz (Zea mays L.), bajo riego por pivote entral, Tisma, Masaya 2016*. Managua: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/122618336/85227076-libre.pdf?1746242743=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEvaluacion_de_tres_dosis_de_nitrogeno_so.pdf&Expires=1762923698&Signature=VpxrdOx1edeZna0xrUKZ6gMCArVQQtNGK1txspAyBxlhssaCk7II
- Changoluisa, E. (2023). *Evaluación del contenido nutricional y crecimiento de Forraje Verde Hidropónico (FVH) como complemento para la alimentación animal en Sigchos-Cotopaxi*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/202606.pdf
- Constantino, M., Gómez, R., Álvarez, J., Pat, J., & Espín, E. (2011). EFECTO DE LA INOCULACIÓN DE azotobacter chroococcum Y glomus intraradices EN EL CRECIMIENTO Y NUTRICIÓN DE PLÁNTULAS DE PAPAYA EN FASE DE

- VIVERO. *Agronomía Costarricense*, 15-31. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/436/43622353003.pdf>
- Coral, J., Andrade, H., Pumisacho, M., Caicedo, J., & Salazar, D. (2018). Caracterización morfológica y agronómica de dos genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en la zona media de la Parroquia Malchinguí. *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 40-49. Obtenido de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1091/1405>
- Cortés, F., Alvarado, G., & Sánchez, G. (2023). *Trichoderma spp., una alternativa para la agricultura sostenible*. *Revista Colombiana de Biotecnología*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/776/77677359007/77677359007.pdf>
- Cruz, E., & Zambrano, K. (2024). *RESPUESTA AGRONÓMICA DE LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA EN EL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays)*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ed9f3aed-dfbb-4ff1-a3d8-2336f0f2a65c/content>
- Darquea, W. (2016). *Respuesta de un genotipo local de maíz (Zea mayz L.), de la Amazonia ecuatoriana a diferentes densidades de población y fertilización foliar*. Puyo - Pastaza - Ecuador: Universidad Estatal Amazonica. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/314/1/T.AGROP.B.UEA.1049.pdf>
- Darquea, Walter. (2016). *Respuesta de un genotipo local de maíz (Zea mayz L.), de la amazonia ecuatoriana a diferentes densidades de población y fertilización foliar*. Universidad Estatal Amazonica. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/314/1/T.AGROP.B.UEA.1049.pdf>
- Delgado, A., Espinoza, Í., Barrera, A., Medina, M., García, A., & Barba, C. (2024). *Composición química del ensilaje de maíz forrajero con residuo de mucílago de cacao en diferentes proporciones*. *Ciencias Latinas*. Obtenido de <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/11022/16188>
- Elizondo, J., & Boschín, C. (2001). Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 181-187. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/437/43712208.pdf>

- Estrada, M. (2020). *Efecto de tres programas de nutrición en el cultivo de maíz (Zea mays L.), en tres híbridos Emblema, Advanta y Gladiador, en el Cantón Montalvo, Provincia Los Ríos*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15555/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-176.pdf>
- Guacho, E. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays L.) de la localidad San José De Chazo*. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <https://files.core.ac.uk/download/pdf/234574936.pdf>
- Hernández, J. (2019). *Situación del cultivo de maíz en Ecuador: Investigación y desarrollo de tecnologías en el INIAP*. Mosquera, Colombia: XXIII Reunión Latinoamericana del Maíz. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/server/api/core/bitstreams/b1cb8c00-00e6-4e29-98d7-b7dd841f8fd8/content>
- Hernández, J., García, H., Aparicio, V., Vásquez, F., & Gómez, L. (2022). Uso de mejoradores biológicos en cultivos de razas nativas de maíz en la Mixteca Oaxaqueña. *Revista Mexicana de Agroecosistemas Vol. 9*, 60-78. Recuperado el 15 de Enero de 2026, de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/8+usos.pdf>
- Illana, C. (2008). *Usos industriales de las algas diatomeas*. Quercus. Obtenido de <https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/7994/Diatomeas2.pdf;jsessionid=B5CE5F2DFD7600853CCD52BF6BB5E0EE?sequence=1>
- Intagri. (2017). *Fijación de Potasio en el Suelo*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/fijacion-de-potasio-en-el-suelo>
- Inunza, E. (2016). *EFECTO DE AGENTES REDUCTORES SINTÉTICOS Y EXTRACTOS HERBALES*. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/144705/Activacion-oxidativa-de-udp-glucuroniltransferasa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jurado, W. (2018). *Efecto de Trichoderma sp sobre la incidencia de enfermedades en el cultivo de melón (Cucumis melo L)*. Guayaquil: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL . Obtenido de <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7aef7e6d-87a5-4b9b-9315-a9d41c25f6fc/content>

- Lata, L., Barbosa, M., Viera, A., Menezes, B., & Ávila, F. (2024). Aspectos fisiológicos y bioquímicos de la resistencia mediada por silicio en el maíz contra la plaga de Maydis. *Plants*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2223-7747/13/4/531>
- Llano, A. (2021). *Inserción de la proteína Cry de Bacillus thuringiensis y su expresión como bio insecticida en el cultivo de maíz (Zea mays L.)*. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a9a6aac2-8ea3-4bdc-b786-72795fe2b16b/content>
- López, J. (2021). *Rendimiento y características morfológicas del cultivo de maíz (Zea mays L.) en respuesta a la fertilización nitrogenada orgánica y mineral*. Universidad Técnica de Manabí. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/server/api/core/bitstreams/f684fc72-9288-4609-a77e-efcd1df30afb/content>
- Lozada, J. (2024). *Evaluación del comportamiento agronómico de dos variedades de maíz (ZEA MAYS L.) INIAP 199 Racimo De Uva E INIAP 103 Mishqui Sara, bajo el sistema acolchado plástico en El Campus CEASA UTC 2023-2024*. Latacunga - Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/32900416-ba1b-46d3-a456-ae095386c20a/content>
- Lutfi , E., Angin, I., & Oztas, T. (2012). Efectos de la diatomita en las propiedades físicas del suelo. *ScienceDirect*, 1-5. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816211001615>
- Maidana, N., Izaguirre, I., Vinocur, A., Mataloni, G., & Pizarro, H. (2005). *Diatomeas en una transecta patagónico-antártica*. *Ecología Austral*.
- Martínez , L., Aguilar, C., Carcaño , M., Galdámez , J., Gutiérrez , A., Morales , J., . . . Gómez , E. (2018). Biofertilización y fertilización química en maíz (Zea mays l.) en Villaflores, Chiapas, México. *Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas*, 26-37. Obtenido de <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/1425/1379>
- Mejía, D., & Reyes, A. (2020). *Exploración para la producción de forraje verde hidropónico de maíz y sorgo para la alimentación de ganado lechero: Revisión de Literatura*.

Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/580adc07-0cef-4213-812a-66450d2a742a/content>

Mendoza, S., Zepeda, A., Campeche, E., & Payán, F. (2017). Aplicación de inóculos líquidos de microorganismos nativos en el suelo: efecto en el crecimiento de plántulas de maíz. *Terra Latinoamerica*, 161-168. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57350494007.pdf>

Molina, C. (2016). *Evaluación del potencial forrajero de ocho genotipos de maíz (Zea mays L) bajo dos densidades de siembra en la estación experimental tropical pichilingue*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/2e1eef14-39ad-45ef-a879-2d0f6cf13ce2/content>

Moncada, S., & Tocaín, G. (2022). *Evaluación de la producción de maíz (Zea mays) y propiedades del suelo en sistemas agroecológicos sustentables con asociaciones (leguminosas) y coberturas (cucurbitáceas) en el Centro Experimental San Francisco, provincia del Carchi*. Tulcán: Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Obtenido de <https://repositorio.upec.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e4568f8f-cc75-4e78-928e-da376731edce/content>

Moreira, K. (2021). *EFEECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ (Zea mays L.) "ILUSIÓN CPR" EN RÍO VERDE*. La libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e70e9a1d-45ab-481f-9fba-94da2253b4f1/content>

Murillo, S., Mendoza, A., & Fadul, C. (2020). *La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola*. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-LaImportanciaDeLasEnmiendasOrganicasEnLaConservaci-8739291.pdf>

Ontiveros, K. (2023). *Efecto de abonos orgánicos y biofertilizante en el rendimiento y calidad bromatológica del maíz forrajero*. Universidad Juárez del Estado de Durango. Obtenido de <http://repositorio.ujed.mx/jspui/bitstream/123456789/195/1/Efecto%20de%20abonos>

%20org%C3%A1nicos%20y%20biofertilizante%20en%20el%20rendimiento%20y%20calidad%20bromatol%C3%B3gica%20del%20ma%C3%ADz%20forrajero.pdf

- Osorio, V. (2022). *Producción de materia verde de maíz (Zea mays L.) en diferente densidad de siembra*. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Obtenido de https://upfim.edu.mx/wp-content/uploads/2022/03/TESIS_Jazmin_Osorio_22.pdf
- Pérez, Y., Ayala, J., & Calero, A. (2013). Efecto bioestimulante de dos formulados líquidos de *Trichoderma harzianum* Rifai A-34 en la producción protegida de tomate el cultivo de tomate protegido. *Revista Infociencia*, 53-56.
- Pilco, W. (2022). *Evaluación del uso de dos mejoradores de retención de nutrientes en el suelo en el cultivo de maíz (Zea mays L.)*. Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PILCO%20CHIMBO%20WILLIAM%20DAVID.pdf>
- Pincay, L. (2024). *Densidad poblacional y fertilización nitrogenada en la producción sostenible de maíz en el Valle Del Rio Javita*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9772c351-6500-4e21-9747-fba4ddd64ae6/content>
- Pinzón, I. (2019). *Influencia de los modelos de producción agrícola de maíz duro al cambio climático en el cantón Shushufindi*. Universidad Andina Simón Bolívar. Obtenido de <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6871/1/T2964-MCCSD-Pinzon-Influencia.pdf>
- Porres, V., & Cuxil, D. (2025). *¿Qué es la etapa R1 del maíz y por qué influye en el rendimiento?* Obtenido de <https://blog.cambiagro.com/maiz/ciclo-reproductivo-del-maiz/etapa-r1-del-maiz/>
- Prado, M., Anzaldo, J., Becerra, B., Palacios, H., Vargas, J., & Rentería, M. (2015). *Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta*. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/617/Resumenes/Resumen_61725074004_1.pdf
- Prieto, G., & Manayay, D. (2022). Caracterización morfológica de 25 variedades de maíz amiláceo evaluadas en dos localidades de la provincia de Tayacaja, Huancavelica.

- Revista de Investigación Científica y Tecnológica Llamkasun*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-
CaracterizacionMorfologicaDe25VariedadesDeMaizAmil-8754410%20(1).pdf
- Quezada, M. (2021). *Análisis de la producción y comercialización del cultivo de MAÍZ (Zea mays L.), cantón Palenque provincia de Los Ríos*. Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/QUEZADA%20BRIONES%20MARIA%20LAURA.pdf>
- Quimis, C. (2024). *Uso de fertilizantes químicos y su efecto en la degradación de suelos en cultivos de maíz en la finca del Peso de la parroquia El Anegado 2024*. Universidad Estatal Del Sur De Manabí. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/7388/1/Quimis%20Indacochea%20Carlos%20Alberto.pdf>
- Quiñones, S., & Reyes, N. (2025). *Uso de compost y residuos agrícolas de maíz para la producción de plantines Brassica oleracea var. itálica "brócoli", en vivero – Végueta*. Huacho – Perú: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Obtenido de <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/11943/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quiñonez, V. (2017). *La fertilización química y su incidencia en la producción del híbrido de maíz (Zea mays) Somma*. Jipijapa : UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/706/1/UNESUM.ECU-AGROPE-2017-09.pdf>
- Remache, N. (2022). *EVALUACIÓN DE AISLADOS DE Trichoderma spp., COMO PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL SOBRE PLANTAS DE MAÍZ (Zea mays) EN EL CANTÓN LA JOYA DE LOS SACHAS*. El Coca: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/server/api/core/bitstreams/8ba1c931-880f-4b19-aff6-ac0abc118256/content>

- Retis, C. (2021). *Morfología del maíz*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/519271392/RETIS-Morfologia-Maiz>
- Rodríguez, D., & Vargas, J. (2021). Efecto de la inoculación con *Trichoderma* sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Solanum lycopersicum*). *Agronomía Costarricense*, 47-60. Obtenido de <https://archivo.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/52045/52148>
- Rodriguez, M. (2024). *Eficacia de Trichoderma sp. como estimulador radical en la fase vegetativa del cultivo de maíz en Ecuador*. Samborondón - Ecuador: Universidad Tencológica ECOTEC. Obtenido de <https://repositorio.ecotec.edu.ec:8443/server/api/core/bitstreams/a31ce659-7679-4221-858c-90000f82cfd1/content>
- Romei, F., & Schilman, P. (2024). Tierra de diatomeas como insecticida: evidencia fisiológica y morfológica de su mecanismo subyacente. *Pest Management Science*. Obtenido de <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.8033>
- Rosique, M. (2020). *LA TIERRA DE DIATOMEAS: USOS Y APLICACIONES*. Plantea en verde. Obtenido de <https://www.planteaenverde.es/blog/la-tierra-de-diatomeas-todos-sus-usos-y-aplicaciones/>
- Sáez, A., Morales, D., Gordon, R., Jaén, J., Franco, J., & Ramos, F. (2024). Sensibilidad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes períodos de déficit hídrico controlado. *Agronomía Mesoamericana*. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212024000100049
- Salazar, M. (2025). *EVALUACIÓN DE CONSORCIOS MICROBIANOS EN LA REMEDIACIÓN DE SUELO CONTAMINADO POR HIDROCARBURO*. Guayaquil: UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SALAZAR%20QUICHIMBO%20MARIA%20ISABEL.pdf>
- Soriano, R. (2020). *Descripción de las propiedades insecticidas en el aspecto agrícola de la tierra de diatomeas*. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de

<https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8b9d4e7d-7a11-407a-8cb9-100a1150d9d9/content>

Tadeo, M., Zaragoza, J., Espinosa, A., Turrent, A., Zamudio, B., Mora, Y., & Valdivia, R. (2016). Productividad de la generación F 1 y F 2 de híbridos de maíz (*Zea Mays L.*) de valles altos de México. *Agrociencia*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000100033

Tarazona, N., Chavarría, J., & Moreira, J. (2021). *Necesidades hídricas del cultivo de maíz blanco utilizando el lisímetro de drenaje*. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/348-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1527-1-10-20220728.pdf>

Tomalá, N. (2021). *Producción de forraje verde hidropónico bajo la aplicación de biofertilizantes*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/bf98213f-081e-44d6-82c6-6f7552f6028f/content>

Torres, A. I. (2011). *Efectividad de la tierra de diatomeas en el control de tres plagas de almacén*. UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN. Obtenido de <https://cd.dgb.uanl.mx/bitstream/handle/201504211/4836/19770.pdf?sequence=>

Torres, R. (2022). *Efecto complementario del biofertilizante a base de *Bacillus polymyxa* en dos híbridos de maíz (*Zea mays L.*) en Milagro, Guayas*. Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/TORRES%20MENDIETA%20RUTH%20ANABEL.PDF>

Urrutia, E. (2019). *Aplicación de bioestimulantes trihormonales en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) variedad chingasino para rendimiento de choclo*. Jauja: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/dd3b8fdc-e65f-4beb-a73d-96b631816223/content>

Vera, D., Orrala, M., Mendoza, C., & Sabando, F. (2023). Labranza mecanizada y fertilización del suelo: efectos sobre el comportamiento agronómico y productividad del cultivo de

- maíz (*Zea mays* L.). *Ciencias Agrarias / Agricultural Sciences*, 1-11. Obtenido de <https://oaji.net/articles/2023/2488-1723815996.pdf>
- Vera, J., Cepeda, W., Cárdenas, D., Espejo, F., Inga, G., Balón, A., . . . Delgado, J. (2020). *Efecto de 3 formas de fertilización en cultivo de Maíz variedad DAS 3383, La Troncal-Ecuador*. Revista colombiana de ciencia animal recia. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-42972020000100033
- Vera, J., Cepeda, W., Espejo, F., Cárdenas, D., Inga, G., Balón, A., . . . Delgado, J. (2020). Comparación de 2 formas de fertilización en cultivo de maíz variedad DK 7500, La Troncal-Ecuador. *Ciencia e Interculturalidad*. Obtenido de <https://portal.amelica.org/ameli/journal/416/4162043015/4162043015.pdf>
- Vera, V., Avellán, B., Cedeño, G., Velázquez, S., López, G., & Zambrano, J. (2024). Efectividad de la fertilización líquida y bioestimulación en el rendimiento y rentabilidad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para consumo en fresco. *Avances en ciencias e ingenierías*, 1-19. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/server/api/core/bitstreams/c13b1e2a-22f8-457a-9dec-abf5a2583b76/content>
- Vergara, D. (2015). *EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE MAÍZ PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA EMISIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO*. Universidad Nacional Abierta y A Distancia. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20589/17330202.pdf?sequence=1>
- Villacís, J. (2021). *Evaluación de las características morfológicas y agronómicas del cultivo de maíz (Zea mays L.) sometido a tres densidades de siembra en la zona de Ventanas, Provincia de los Ríos*. Ventanas – Los Ríos – Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1fc43c98-15b5-48c9-9e4e-806757615869/content>
- Villares, J. (2020). *Adaptabilidad de nuevos híbridos de maíz (Zea mays L.) de alto rendimiento en zonas maiceras del Ecuador*. Guayaquil-Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.

- Obtenido de https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VILLARES%20REA%20JESSICA%20YADIRA_compressed.pdf
- Waghunde, R., Shelake, R., & Sabalpara, A. (2016). Trichoderma: A significant fungus for agriculture and environment. *African journal of agricultural research*, 1952-1965.
- Yépez, C. (2018). *Evaluación del Trichoderma spp., como acondicionador de suelos cultivado con maíz (Zea mays L.), en la zona de Pueblo Viejo*. Pueblo Viejo: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1bd83b29-dd99-4a02-bcca-19e42bc6bf42/content>
- Yescas, P. (2015). *Producción, calidad e índices de crecimiento del maíz forrajero bajo riego por goteo subsuperficial*. Torreón, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/7611/PABLO%20YESCAS%20CORONADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zari, B. (2014). *Determinación de las fases fenológicas, fenométricas e índice de balance hídrico en el cultivo de maíz duro (Zea mays L.) bajo condiciones de secado, en el cantón Pindal provincia de Loja*. Obtenido de <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/11136/1/Zari%20Arevalo%20Bayron%20David.pdf>
- Zermeño, A., Cárdenas, J., Ramírez, H., Benavides, A., Cadena, M., & Campos, S. (2015). *Fertilización biológica del cultivo de maíz*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015001002399
- Zhang, Y., Wang, H., Lei, Q., & Zai, L. (2018). Optimización de la tasa de aplicación de nitrógeno para maíz y trigo en función del rendimiento y el medio ambiente en la llanura del norte de China. *ScienceDirect*, 1173-1183. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717325342>
- Zin, N., & Badaluddin, N. (2020). Biological functions of Trichoderma spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 168-178. Obtenido de

<https://pdf.sciencedirectassets.com/280686/1-s2.0-S0570178320X00030/1-s2.0-S0570178320300415/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEGEaCXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQDLGechjLUFWi4dwasHCrmx6ap%2BINQ3YRe9kr%2FFimnDqwIhAN9s2ODEpbvnZDEEsoIXTjRF38q2iuIoG7MMflK>