

UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y
POSGRADO

INFORME DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE:

MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGIA

TEMA:

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOESTIMULANTES APLICADOS POR VÍA
EDÁFICA Y FOLIAR, EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE PLANTAS DE
MAÍZ (*ZEA MAYS L.*)

Autora:

JENNY ALEXANDRA TRIVIÑO JIMÉNEZ

Director:

MV. VERA RODRIGUEZ JOSE HUMBERTO, MG.

Milagro, 2024

Derechos de autor

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **Jenny Alexandra Triviño Jiménez** en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de nuestro Grado, de Magister en Biotecnología, como aporte a la Línea de Investigación **Manejo integrado de cultivos y ganado** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a nuestro favor todos los derechos de autores sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizamos a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Informe de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Los autores declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 4 de febrero de 2024



Escaneo electrónico por
JENNY ALEXANDRA
TRIVIÑO JIMENEZ

Jenny Alexandra Triviño Jiménez

CI: 0927049600

Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Yo, **José Humberto Vera Rodríguez** en mi calidad de director del trabajo de titulación, elaborado por **Jenny Alexandra Triviño Jiménez**, cuyo tema es **Efecto de la aplicación de bioestimulante aplicados por vía edáfica y foliar en el desarrollo vegetativo de plantas de maíz (*Zea mays* L.)**, que aporta a la Línea de Investigación **Manejo integrado de cultivos y ganado**, previo a la obtención del Grado Magister en biotecnología, Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 4 de febrero de 2024



Firmado electrónicamente por:
**JOSE HUMBERTO VERA
RODRIGUEZ**

José Humberto Vera Rodríguez

CI: 131258756-9

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
DIRECCIÓN DE POSGRADO
CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **ING. TRIVIÑO JIMÉNEZ JENNY ALEXANDRA**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "EFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOESTIMULANTES APLICADOS POR VÍA EDÁFICA Y FOLIAR EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE PLANTAS DE MAÍZ (ZEA MAYS L.)", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	58.33
SUSTENTACIÓN	34.00
PROMEDIO	90.33
EQUIVALENTE	Muy Bueno



MANUEL ALEJANDRO
FIALLOS CARDENAS

Mgr. FIALLOS CARDENAS MANUEL ALEJANDRO
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



YESSSENIA BEATRIZ
SARANGO ORTEGA

Munabmm SARANGO ORTEGA YESSSENIA BEATRIZ
VOCAL



KAREN ALEXANDRA
RODAS PAZMIÑO

Mgs RODAS PAZMIÑO KAREN ALEXANDRA
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a Dios por sus bendiciones y por darme las suficientes fuerzas para concluir esta carrera, e iluminar siempre mi camino, y permitir que mis padres, demás familiares, amigos estén a mi lado.

A mis padres José Triviño y Nelly Jiménez, por haberme dado la vida y guiarme siempre por el buen camino, gracias por sus consejos y por depositar su entera confianza en mí.

A mi esposo y mis hijos que me apoyaron y supieron darme impulso para no decaer y seguir luchando por mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios toda la honra y gracia por permitirme terminar mi carrera, porque a pesar de las pruebas siempre estará conmigo.

A mis padres que siempre han estado a mi lado durante todos mis procesos dándome amor y consejos para no rendirme y continuar hasta cumplir mis metas.

A mi esposo, que con su amor ha estado a mi lado apoyándome incondicionalmente en cada paso que doy en mi vida.

A mis hijos Kaleb y Lindsay, que son mi principal fuente de inspiración para terminar y culminar mi carrera.

A mi familia en general por tener siempre una palabra de aliento para poder superarme cada día más, a mis amigos por sus consejos y su compañía.

Resumen

La importancia mundial de la producción de maíz (*Zea mays* L.) radica en su amplio aprovechamiento, lo cual motiva la presente investigación. Esta surge en respuesta a una creciente inquietud por la sostenibilidad y la exploración de opciones orgánicas en el ámbito agrícola. El objetivo fue investigar el impacto de la aplicación de bioestimulantes tanto por vía edáfica como foliar en el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz híbrido EMBLEMA 777 estudiando 9 tratamientos con 3 réplicas. Las variables evaluadas fueron (Porcentaje de germinación, altura de la planta, diámetro del tallo, largo de la hoja, ancho de la hoja y porcentaje de plantas con panoja). El análisis estadístico se efectuó a través del ADEVA, el diseño experimental que se utilizó fue un (DBCA) Diseño de Bloques Completamente al Azar, la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Duncan con ($p < 0.05$), la tabulación de datos se realizó en el software estadístico INFOSTAT versión 2020. Resultando respuestas más favorables al aplicar los bioestimulantes (T3, T4, T6, T7 y T8). Respecto a la variable Altura de la planta, los tratamientos que tuvieron una mejor respuesta fueron T6, T7 y T8; Para la variable Diámetro del tallo, los tratamientos que tuvieron una mejor respuesta fueron T3 y T8; En la variable Largo de la hoja, el tratamiento que tuvo la mejor respuesta fue el T8; Mientras que, en la variable Ancho de hoja, los tratamientos que tuvieron una mejor respuesta fueron T4 y T8. En este sentido, los bioestimulantes orgánicos foliares y edáficos se perfilan como una opción alternativa para complementar la fertilización y aumentar el desarrollo vegetativo en el cultivo de maíz gracias a su contenido de macro, micro nutrientes, aminoácidos y su contenido de fitohormonas.

Palabras Clave: Aplicación edáfica, aplicación foliar, bioestimulante, desarrollo vegetativo, plantas de maíz.

Abstract

The global importance of corn (*Zea mays* L.) production lies in its extensive use, which motivates this research. This arises in response to a growing concern for sustainability and the exploration of organic options in the agricultural field. The objective was to investigate the impact of the application of biostimulants both by edaphic and foliar routes on the vegetative development of hybrid corn plants EMBLEMA 777 studying 9 treatments with 3 replicates. The variables evaluated were (Percentage of germination, plant height, stem diameter, leaf length, leaf width and percentage of plants with panicles). The statistical analysis was carried out through ADEVA, the experimental design used was a (DBCA) Completely Randomized Block Design, the comparison of means was carried out using the Duncan test with ($p < 0.05$), the data tabulation It was carried out in the INFOSTAT statistical software version 2020. Resulting in more favorable responses when applying the biostimulants (T3, T4, T6, T7 and T8). Regarding the plant height variable, the treatments that had a better response were T6, T7 and T8; For the variable Stem diameter, the treatments that had a better response were T3 and T8; In the Leaf Length variable, the treatment that had the best response was T8; While, in the Leaf Width variable, the treatments that had a better response were T4 and T8. In this sense, organic foliar and edaphic biostimulants are emerging as an alternative option to complement fertilization and increase vegetative development in corn crops thanks to their content of macro, micronutrients, amino acids and their content of phytohormones.

Keywords: Edaphic application, foliar application, biostimulant, vegetative development, corn plants.

Lista de Tablas

Tabla 1. Tabla de operacionalización de variables.	5
Tabla 2. Taxonomía del Maíz.	15
Tabla 3. Características del ensayo	30
Tabla 4. Comportamiento productivo del maíz híbrido EMBLEMA 777 bajo el efecto de la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales de origen natural.	34

Índice / Sumario

Derechos de autor.....	ii
Aprobación del director del Trabajo de Titulación	iii
.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
Lista de Tablas.....	ix
Índice / Sumario	x
Introducción	1
Capítulo I: El problema de la investigación.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Delimitación del problema	3
1.3 Formulación del problema.....	3
1.4 Preguntas de investigación	3
1.5 Determinación del tema	4
1.6 Objetivo general.....	4
1.7 Objetivos específicos	5
1.8 Hipótesis	5
1.9 Declaración de las variables (operacionalización).....	5
Tabla 1. Tabla de operacionalización de variables.	5
1.10 Justificación.....	6
1.11 Alcance y limitaciones	7
CAPÍTULO II: Marco teórico referencial	12
2.1 Antecedentes	12

2.2	Contenido teórico que fundamenta la investigación	13
2.2.1.	Agricultura sostenible y uso de bioestimulantes.....	13
2.2.2.	Importancia del maíz (<i>Zea mays</i> L.) como cultivo y su relevancia económica.	14
	Tabla 2. Taxonomía del Maíz.	15
2.2.3.	Procesos fisiológicos del crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz.....	16
2.2.4.	Función y mecanismos de acción de los bioestimulantes en las plantas.	17
2.2.5.	Efecto de los bioestimulantes en el desarrollo radicular del maíz.	18
2.2.6.	Influencia de los bioestimulantes en la absorción y asimilación de nutrientes en las plantas de maíz.....	19
2.2.7.	Respuesta de las plantas de maíz al tratamiento con bioestimulantes en la vía edáfica	20
2.2.8.	Efecto de la aplicación foliar de bioestimulantes en el desarrollo vegetativo del maíz.	21
2.2.9.	Interacciones entre bioestimulantes y otros factores ambientales en el crecimiento del maíz.....	22
2.2.10.	Estudios previos sobre el uso de bioestimulantes en el cultivo de maíz.	23
2.2.11.	Experiencias exitosas de aplicación de bioestimulantes en otros cultivos agrícolas.	24
2.2.12.	Potencialidad de los bioestimulantes como herramienta para mejorar el rendimiento del maíz.....	26
	CAPÍTULO III: Diseño metodológico	28
3.1	Tipo y diseño de investigación	28
3.2	La población y la muestra.....	30
3.2.1	Características de la población	30
	Tabla 3. Características del ensayo	30
3.2.2	Delimitación de la población.....	31
3.2.3	Tipo de muestra	31
3.2.4	Tamaño de la muestra	31

3.2.5	Proceso de selección de la muestra.....	31
3.3	Los métodos y las técnicas	31
3.4	Procesamiento estadístico de la información	33
CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados.....		34
4.1	Análisis de los resultados.....	34
	Tabla 4. Comportamiento productivo del maíz híbrido EMBLEMA 777 bajo el efecto de la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales de origen natural.	34
4.2	Interpretación de los resultados	43
CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones		47
5.1	Conclusiones.....	47
5.2	Recomendaciones.....	47
Bibliografía.....		49
Anexos.....		56

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta que tiene su origen en América, su producto es uno de los granos principales que sustentan a la población humana, siendo la fuente más destacada a nivel global (Yanez et al., 1998). Por tanto, existe un constante aumento en la necesidad de alimentos para cumplir con las demandas de la población y garantizar la preservación de los recursos naturales, esto ha llevado a numerosos investigadores a analizar y aplicar estrategias destinadas a incrementar la productividad de los suelos utilizados para la agricultura (Rodríguez et al., 2020).

La fertilización del cultivo de maíz representa alrededor del 27% de los gastos de producción, lo que supone un margen de beneficio cada vez más reducido para los agricultores debido al alto costo de los insumos, además, la dependencia de las condiciones climáticas, limita la capacidad de invertir recursos, el maíz se convierte en un sistema agrícola altamente agotador para el suelo, ya que algunos productores, con el objetivo de ahorrar al máximo, utilizan fórmulas de fertilización inadecuadas e incluso algunos optan por no fertilizar en absoluto (Vera Rodríguez et al., 2020).

Como describe Chávez et al., (2023) los bioestimulantes son compuestos naturales que se utilizan para mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas, la aplicación de bioestimulantes puede ser tanto por vía edáfica como foliar que se expresará en el desarrollo de las plantas. La aplicación de bioestimulantes por vía edáfica consiste en la incorporación de estos compuestos al suelo, con el fin de mejorar la disponibilidad de nutrientes y promover un crecimiento más vigoroso de las plantas (Vásquez et al., 2023). Por otro lado, la aplicación foliar implica la pulverización de los bioestimulantes directamente sobre las hojas de las plantas, lo que permite una absorción más rápida y eficiente (Martínez-Gutiérrez et al., 2022).

Este estudio es de gran importancia, ya que la aplicación de bioestimulantes puede ser una herramienta efectiva para mejorar la producción de maíz y, en consecuencia, contribuir a la seguridad alimentaria. Además, el uso de bioestimulantes es una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente, ya que reduce la dependencia de fertilizantes químicos. Por lo anterior, se planteó como objetivo investigar el efecto de la aplicación de bioestimulantes en el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz (*Zea mayz* L.).

Capítulo I: El problema de la investigación

1.1 Planteamiento del problema

El maíz es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, sin embargo, su rendimiento y calidad están sujetos a diversas limitaciones. En este sentido, se ha planteado la necesidad de buscar alternativas que puedan mejorar el desarrollo vegetativo de las plantas y, por ende, su productividad. Esto a consecuencia que las fertilizaciones convencionales generan impactos negativos en el suelo como variación del pH, deterioro de su estructura, alteración de la microfauna y contaminación del aire (Cock et al., 2011).

Los bioestimulantes se presentan como una opción prometedora para mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas (Noda, 2009). Estas sustancias, aplicadas tanto por vía edáfica como foliar, pueden estimular diferentes procesos fisiológicos en las plantas, como la absorción de nutrientes, la fotosíntesis y la producción de hormonas vegetales (Laines-Canepa y Hernández-Hernández, 2017).

A pesar de la creciente evidencia sobre los beneficios de los bioestimulantes, existen pocos estudios que evalúen específicamente el efecto de la aplicación de estos productos en el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz. Por lo tanto, es necesario profundizar en esta área de investigación para determinar si la aplicación de bioestimulantes puede realmente mejorar el crecimiento y desarrollo de estas plantas.

Además, es importante considerar la vía de aplicación de los bioestimulantes, ya que tanto la aplicación edáfica como foliar pueden tener efectos diferentes en el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz. Por lo tanto, es necesario investigar los efectos de ambas vías de aplicación para determinar cuál es la más efectiva en el crecimiento vegetativo.

Conocer el efecto de la aplicación de bioestimulantes en el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz permitirá a los agricultores y científicos tomar decisiones informadas sobre el uso de estos productos como

estrategia de manejo agrícola. Esto puede tener un impacto significativo en la productividad y sostenibilidad de los cultivos de maíz.

1.2 Delimitación del problema

El estudio se enfoca en investigar el impacto de la aplicación de bioestimulantes tanto por vía edáfica como foliar en el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz.

Uno de los aspectos a considerar en esta delimitación es identificar los bioestimulantes específicos que se utilizarán en el estudio, ya que existen diferentes productos en el mercado con distintas composiciones y concentraciones. Además, se debe determinar la dosis adecuada de aplicación tanto por vía edáfica como foliar, así como la frecuencia de aplicación para obtener los mejores resultados en el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz.

Otro punto importante a considerar es la evaluación de los parámetros de crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz, como la altura de la planta, el número de hojas, el área foliar, entre otros. Estos parámetros permitirán determinar de manera precisa el impacto de los bioestimulantes en el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz.

1.3 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la aplicación de bioestimulantes por vía edáfica y foliar en el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz (*Zea mays* L.)?

Mediante la realización de este estudio, se busca obtener información relevante sobre el uso de bioestimulantes en la agricultura y cómo estos pueden contribuir a mejorar el rendimiento de los cultivos de maíz.

1.4 Preguntas de investigación

¿Cuál es el efecto de la aplicación de bioestimulantes por vía edáfica en el desarrollo vegetativo del maíz?

¿Cuál es el efecto de la aplicación de bioestimulantes por vía foliar en el desarrollo vegetativo del maíz?

¿Cuál es la diferencia en el efecto de los bioestimulantes aplicados por vía

edáfica y foliar en el desarrollo vegetativo del maíz?

¿Cuál es la dosis óptima de bioestimulantes para obtener el máximo desarrollo vegetativo en las plantas de maíz?

¿Cuál es el momento óptimo de aplicación de los bioestimulantes para obtener el máximo desarrollo vegetativo en las plantas de maíz?

¿Cuál es el mecanismo de acción de los bioestimulantes en el desarrollo vegetativo del maíz?

¿Cuál es el impacto de los bioestimulantes en parámetros de crecimiento de la planta de maíz?

¿Cuáles son los efectos secundarios o negativos de la aplicación de bioestimulantes en el desarrollo vegetativo del maíz?

¿Cuál es la duración del efecto de los bioestimulantes en el desarrollo vegetativo del maíz?

1.5 Determinación del tema

El tema de investigación propuesto es "Efecto de la aplicación de bioestimulantes aplicados por vía edáfica y foliar en el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz (*Zea mays* L.)". En esta investigación, se busca determinar cómo la aplicación de bioestimulantes, tanto a través del suelo como mediante la pulverización foliar, afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz. Se espera analizar los efectos de estos bioestimulantes en diferentes etapas del desarrollo vegetativo de las plantas. Además, se pretende evaluar si existen diferencias significativas en la respuesta de las plantas de maíz a la aplicación de bioestimulantes en comparación con plantas no tratadas.

Esta investigación contribuirá al conocimiento sobre el uso de bioestimulantes en la agricultura y su potencial para mejorar el rendimiento de los cultivos de maíz.

1.6 Objetivo general

Investigar el impacto de la aplicación de bioestimulantes orgánicos tanto

por vía edáfica como foliar a respuesta de mejora del desarrollo vegetativo de las plantas de maíz.

1.7 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la aplicación de bioestimulantes orgánicos por vía edáfica y foliar sobre el comportamiento agronómico durante el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz.
- Comparar los resultados obtenidos de la aplicación de bioestimulantes orgánicos por vía edáfica y foliar en el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz.
- Determinar la formulación y dosis óptima de bioestimulantes orgánicos para obtener la máxima respuesta agronómica durante el desarrollo vegetativo en las plantas de maíz.

1.8 Hipótesis

Hipótesis investigativa: La aplicación de bioestimulantes orgánicos por vía edáfica y foliar en las plantas de maíz tendrá un efecto positivo en su desarrollo vegetativo, promoviendo un mayor crecimiento de la planta, un aumento en la producción de biomasa, el desarrollo de un sistema radicular más fuerte y resistente, así como una mejora en la absorción de nutrientes y el aprovechamiento de los recursos disponibles en el suelo y el ambiente, lo que resultará en una mayor producción de maíz.

1.9 Declaración de las variables (operacionalización)

Tabla 1. Tabla de operacionalización de variables.

Variable independiente	Aplicación de bioestimulantes
	✓ Porcentaje de germinación día 5
	✓ Altura de la planta día 19, 41 y 56.
Variable dependiente	✓ Diámetro del tallo día 19, 41 y 56.
	✓ Largo de la hoja día 41 y 56.
	✓ Ancho de la hoja día 41 y 56.

✓ Porcentaje de plantas con panoja día 56.

Fuente: Autor.

1.10 Justificación

El objetivo de mi estudio fue investigar el efecto de la aplicación de bioestimulantes por vía edáfica y foliar en el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz (*Zea mays* L.). En este contexto, los bioestimulantes son sustancias que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas, mejorando su resistencia a factores abióticos y bióticos.

Es importante destacar la importancia del maíz como uno de los principales cultivos a nivel mundial y su papel clave en la seguridad alimentaria. Sin embargo, diversos factores como el cambio climático y el agotamiento de los suelos han afectado negativamente su producción. Por lo tanto, es fundamental buscar alternativas sostenibles y eficientes que promuevan el crecimiento de las plantas de maíz.

La aplicación de bioestimulantes ofrece una solución prometedora en este sentido. Estas sustancias estimulan diversos procesos fisiológicos de las plantas, como la absorción de nutrientes, la fotosíntesis, la producción de hormonas, la resistencia al estrés y el desarrollo radicular. Al aplicarlos tanto por vía edáfica como foliar, se busca maximizar su eficacia y asegurar una mayor absorción y asimilación de los nutrientes.

Además, la aplicación de bioestimulantes puede tener un impacto positivo en la productividad y calidad de las plantas de maíz. Estos productos pueden aumentar el rendimiento de los cultivos al promover un crecimiento vegetativo más vigoroso, aumentar el número y tamaño de las hojas, estimular la formación de raíces más fuertes y mejorar la absorción de agua y nutrientes.

Otro aspecto importante a considerar es la sostenibilidad de la aplicación de bioestimulantes. Estas sustancias son de origen natural y su uso puede reducir la dependencia de fertilizantes químicos y pesticidas, lo que a su vez disminuye el impacto ambiental de la agricultura. Además, al promover un crecimiento vegetativo más saludable, los bioestimulantes pueden contribuir a la reducción de enfermedades y plagas, lo que a su vez reduce la necesidad de agroquímicos.

1.11 Alcance y limitaciones

El objetivo de esta investigación es estudiar el efecto de la aplicación de bioestimulantes por vía edáfica y foliar en el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz (*Zea mays* L.). Para ello, se llevará a cabo un estudio experimental en el cual se compararán los tratamientos con bioestimulante por vía edáfica, por vía foliar y un grupo de control que no recibirá ningún tratamiento.

En cada uno de los grupos se medirán diferentes variables relacionadas con el desarrollo vegetativo de las plantas, como la altura de la planta, el número de hojas, el diámetro del tallo, etc. Estas mediciones se realizarán de forma periódica a lo largo del ciclo de crecimiento de las plantas de maíz.

Se emplearán técnicas estadísticas para examinar la información recolectada y establecer si existen disparidades significativas entre los grupos de tratamiento y los grupos control. La presentación de resultados obtenidos se realizará a través de figuras y tablas, además de efectuar un análisis de la varianza con el objetivo de identificar el impacto de los bioestimulantes foliares orgánicos en el desarrollo de las plantas de maíz.

Se espera que la aplicación de bioestimulantes tenga un efecto positivo en el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz. Se ha demostrado en estudios previos que los bioestimulantes pueden promover el crecimiento de las raíces, aumentar la absorción de nutrientes y mejorar la resistencia de las plantas a condiciones adversas como el estrés hídrico o la falta de nutrientes en el suelo.

Los resultados de esta investigación podrían tener importantes implicaciones prácticas para los agricultores, ya que podrían ayudarles a optimizar el uso de bioestimulantes en sus cultivos de maíz. Si se demuestra que la aplicación de bioestimulantes mejora el desarrollo vegetativo de las plantas y aumenta su productividad, los agricultores podrían considerar incluir esta práctica en sus programas de manejo de cultivos.

En las últimas décadas, los productos bioestimulantes han experimentado

un avance significativo en el sector agrícola, debido a que se ha demostrado que generan efectos beneficiosos en el desarrollo y rendimiento de diversos cultivos. Estos bioestimulantes tienen el potencial de mejorar el metabolismo de las plantas, interviniendo en procesos fisiológicos como la absorción de nutrientes, aumentando la capacidad de realizar la fotosíntesis y retrasando el envejecimiento de las hojas. Esto tiene como resultado plantas más productivas y resistentes ante condiciones desfavorables.

Una limitación importante en el estudio del efecto de los bioestimulantes en el maíz es la variabilidad genética de las plantas de maíz. Cada variedad de maíz puede responder de manera diferente a la aplicación de bioestimulantes, lo que dificulta la generalización de los resultados.

Otro desafío es el entorno de cultivo. Las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad y la calidad del suelo, pueden influir en la respuesta de las plantas de maíz a los bioestimulantes. Por lo tanto, los resultados pueden variar dependiendo de las condiciones específicas de cultivo.

La duración del estudio también puede ser una limitación. Los efectos de los bioestimulantes pueden no ser inmediatos y pueden requerir un período prolongado de aplicación para observar resultados significativos. Esto puede hacer que los estudios a corto plazo sean limitados en su capacidad para evaluar plenamente el efecto de los bioestimulantes en el desarrollo vegetativo del maíz.

La falta de consenso en la definición y composición de los bioestimulantes es otra limitación. Existen diferentes tipos y formulaciones de bioestimulantes en el mercado, lo que dificulta la comparación y la interpretación de los resultados entre estudios.

La disponibilidad y acceso a los bioestimulantes también puede ser un problema. Algunos bioestimulantes pueden ser costosos o difíciles de obtener, lo que limita su aplicación en estudios a gran escala.

La falta de control sobre otros factores de crecimiento y desarrollo de las

plantas de maíz también puede ser una limitación. Aunque se pueda controlar la aplicación de bioestimulantes, otros factores como la disponibilidad de nutrientes, la presencia de enfermedades o plagas, y la competencia de malezas pueden afectar los resultados del estudio.

La falta de estandarización en los métodos de aplicación de bioestimulantes también puede dificultar la comparación de los resultados entre estudios. La dosis, la frecuencia y el momento de aplicación pueden variar, lo que hace difícil determinar la mejor estrategia de aplicación.

La falta de estudios a largo plazo sobre los efectos de los bioestimulantes en el maíz es otra limitación. Muchos estudios se centran en los efectos a corto plazo, pero es importante comprender cómo estos efectos pueden cambiar a lo largo del ciclo de vida de las plantas de maíz.

La falta de estudios comparativos entre diferentes bioestimulantes también es una limitación. Al comparar diferentes productos, es importante evaluar su eficacia y determinar cuál es el más adecuado para el cultivo de maíz.

La falta de investigación sobre los mecanismos de acción de los bioestimulantes en el maíz también es una limitación. Comprender cómo los bioestimulantes interactúan con las plantas a nivel molecular puede ayudar a optimizar su aplicación y mejorar los resultados.

La falta de estudios en diferentes regiones geográficas también es una limitación. Las condiciones de cultivo pueden variar de una región a otra, lo que significa que los resultados obtenidos en un lugar pueden no ser aplicables en otro.

La falta de estudios sobre los efectos a largo plazo de la aplicación de bioestimulantes en el suelo también es una limitación. Los bioestimulantes pueden tener efectos positivos en el corto plazo, pero es importante evaluar cómo estos efectos pueden cambiar con el tiempo.

La falta de estudios sobre los posibles efectos negativos de los bioestimulantes en el medio ambiente también es una limitación. Es importante evaluar no solo los efectos positivos en las plantas de maíz, sino

también los posibles impactos en el suelo y los organismos beneficiosos.

La falta de estudios sobre la interacción de los bioestimulantes con otros productos agrícolas, como fertilizantes y pesticidas, también es una limitación. Es importante comprender cómo estos productos pueden interactuar entre sí y si pueden potenciar o inhibir los efectos de los bioestimulantes en el maíz.

La falta de estudios sobre la rentabilidad económica de la aplicación de bioestimulantes en el maíz también es una limitación. Si bien los bioestimulantes pueden tener efectos positivos en el desarrollo vegetativo del maíz, es importante evaluar si estos efectos justifican el costo adicional de su aplicación.

La falta de estudios sobre la respuesta de diferentes etapas de crecimiento del maíz a la aplicación de bioestimulantes también es una limitación. Es posible que las plantas de maíz en diferentes etapas de desarrollo respondan de manera diferente a los bioestimulantes, lo que puede afectar los resultados del estudio.

La falta de estudios sobre la interacción de los bioestimulantes con otras prácticas agrícolas, como la rotación de cultivos, también es una limitación. Es importante comprender cómo los bioestimulantes pueden complementar o interferir con otras prácticas agrícolas para maximizar su efectividad.

La falta de estudios sobre el efecto de los bioestimulantes en diferentes variedades de maíz también es una limitación. Cada variedad de maíz puede tener características únicas que pueden influir en su respuesta a los bioestimulantes, lo que hace importante evaluar diferentes variedades.

La falta de estudios que involucren a agricultores y técnicos agrícolas también es una limitación. Es importante incorporar la experiencia y el conocimiento práctico de los agricultores en los estudios sobre bioestimulantes para garantizar la aplicabilidad de los resultados en el campo.

La falta de estudios sobre la influencia de la aplicación de bioestimulantes

en la calidad y rendimiento del maíz también es una limitación. Si bien los bioestimulantes pueden mejorar el desarrollo vegetativo de las plantas de maíz, es importante evaluar si esto se traduce en una mayor calidad y rendimiento de los cultivos.

CAPÍTULO II: Marco teórico referencial

2.1 Antecedentes

Según Analuisa et al., (2023), el cultivo mundial de maíz (*Zea mays* L.) tiene una gran importancia económica y social. Es fundamental para la alimentación de millones de personas y representa una fuente significativa de ingresos para los agricultores (Quimis et al., 2021).

De acuerdo con Ortiz et al., (2023), varios factores influyen en el rendimiento del maíz, como la genética de la planta, las condiciones ambientales y las prácticas agronómicas. En investigaciones recientes, se ha comprobado que la aplicación de bioestimulantes puede tener un impacto positivo en el rendimiento y la calidad del maíz (Zúñiga y Rocel, 2023).

Los bioestimulantes para aplicación por vía edáfica y foliares son compuestos orgánicos que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas, estimulando procesos fisiológicos naturales como la fotosíntesis, la absorción de nutrientes y la resistencia a enfermedades y el estrés (Héctor-Ardisana et al., 2020).

El mismo autor considera que, los bioestimulantes son sustancias naturales orgánicas que fomentan el desarrollo y crecimiento de las plantas al activar procesos fisiológicos como la fotosíntesis, la asimilación de nutrientes y la capacidad de defensa ante enfermedades y situaciones ante el estrés biótico y abiótico.

Según la investigación de Benalcazar y Fernández (2020), los bioestimulantes pueden dividirse en dos categorías principales: aquellos derivados de aminoácidos y los obtenidos a partir de extractos vegetales con grandes beneficios a la productividad de los cultivos. Blanco-Valdes et al., (2022) indican que la utilización de bioestimulantes en el cultivo de maíz ha mostrado impactos favorables en los aspectos productivos y agronómicos generando beneficios económicos a los productores.

2.2 Contenido teórico que fundamenta la investigación

2.2.1. Agricultura sostenible y uso de bioestimulantes.

La agricultura sostenible es un enfoque que busca equilibrar la producción de alimentos con la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales (López-Padrón et al., 2021). Se basa en prácticas agrícolas que minimizan el uso de productos químicos nocivos y promueven la salud del suelo, la biodiversidad y la eficiencia en el uso del agua.

Una de las herramientas utilizadas en la agricultura sostenible es el empleo de bioestimulantes, que son sustancias naturales que mejoran el crecimiento y desarrollo de las plantas, aumentando su resistencia a enfermedades, plagas y condiciones climáticas adversas (Espinosa-Antón et al., 2021). Estas sustancias pueden ser de origen vegetal, animal o mineral, y se aplican al suelo o a las plantas de diferentes maneras.

El uso de este producto agrícola es una estrategia efectiva para disminuir la dependencia de fertilizantes químicos sin comprometer la nutrición de las plantas consiste en mejorar la eficiencia de absorción de nutrientes por parte de los cultivos a través de la aplicación de bioestimulantes en la fertilización (Nabti y Hartmann, 2017).

Los bioestimulantes ayudan a mejorar la calidad del suelo al aumentar su contenido de materia orgánica y mejorar su estructura, lo que a su vez promueve la retención de agua y nutrientes, también estimulan la actividad microbiológica del suelo, lo que mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Van Oosten et al., 2017). Esta acción combinada no solo optimiza la absorción de nutrientes, sino que también fortalece la salud y la capacidad de adaptación de los cultivos, ofreciendo una alternativa más sostenible y equilibrada en el manejo de la fertilización agrícola.

Además, estos productos agrícolas pueden ayudar a las plantas a tolerar mejor el estrés abiótico, como la sequía, el frío o el calor extremo, asimismo, estas sustancias promueven la producción de enzimas y proteínas que

protegen a las plantas contra los daños causados por el estrés ambiental (Morales et al., 2023).

A su vez tienen la capacidad para estimular el desarrollo de sistemas radiculares más fuertes y saludables, permitiendo a las plantas absorber de manera más eficiente los nutrientes del suelo y también las hace más resistentes a enfermedades y plagas (Romagna et al., 2019).

2.2.2. Importancia del maíz (*Zea mays* L.) como cultivo y su relevancia económica.

El maíz, científicamente conocido como *Zea mays* L., ver taxonomía del maíz en la tabla 2, representa un cultivo de enorme trascendencia tanto a nivel global como en el ámbito económico, perteneciente a la familia de las Poáceas (Gramíneas), se erige como una de las especies agrícolas más añejas reconocidas, su origen se remonta a América, siendo cultivado desde tiempos inmemoriales por las poblaciones autóctonas (Guevara-Hernández y Mariaca-Méndez, 2023).

La relevancia económica del maíz a nivel mundial es significativa, convirtiéndose en el segundo cultivo más producido en el mundo, después del trigo, y ocupa el primer lugar en rendimiento de grano por hectárea (Pérez et al., 2020). Es un cultivo de gran importancia económica debido a su amplio uso como alimento humano, alimento para el ganado y materia prima para la industria.

Su importancia económica radica en su versatilidad y múltiples usos en diversas industrias, primeramente, el maíz es un alimento primordial para muchas comunidades y naciones, ya que sus granos son la base para la elaboración de harina, aceite, almidón y otros productos alimenticios (Choez y Bacusoy, 2023). Constituye una fuente esencial de nutrientes como grasas, proteínas, minerales y vitaminas, que contribuyen directamente a la seguridad alimentaria.

Otro aspecto crucial es su aplicación en la producción de biocombustibles, ante el incremento de los precios del petróleo, se ha intensificado la

investigación en torno a la fermentación del maíz para la obtención de alcohol combustible, ampliamente empleado en ciertas regiones del mundo, asimismo, los residuos derivados de la planta de maíz son aprovechados como alimento animal y como base para la extracción de diversos compuestos químicos, lo que fomenta la economía y mejora la calidad de los suelos (Carranza-Patiño et al., 2023).

En el ámbito agrícola, el maíz representa un cultivo de suma importancia, perteneciendo al grupo de los granos, y su producción tiene un impacto significativo en la economía de numerosos países, la siembra de este producto abarca millones de hectáreas a nivel mundial, generando empleo y beneficios económicos tanto para los agricultores como para la industria agroalimentaria (Sánchez Olaya et al., 2019).

Adicionalmente, el maíz desempeña un papel fundamental en la biodiversidad, siendo reconocido en México como uno de los ocho centros de origen y diversidad genética de más de 130 especies de plantas cultivables en el mundo, destacando junto al frijol, el chile, la calabaza y otras plantas nativas, la conservación y el uso sostenible de la diversidad genética del maíz resultan esenciales para garantizar la seguridad alimentaria y adaptarse al cambio climático (Gironella et al., 2023).

A nivel mundial, este grano tiene un impacto en las economías de otros países. Por ejemplo, en Estados Unidos, siendo un cultivo de gran relevancia económica y su producción y exportación son fundamentales para la economía agrícola del país (Choez y Bacusoy, 2023).

Tabla 2. Taxonomía del Maíz.

Dominio:	<i>Eukarya</i>
Reino:	<i>Vegetal</i>
Subreino:	<i>Embriobionta</i>
División:	<i>Angiospermae</i>
Clase:	<i>Monocotyledoneae</i>
Orden:	<i>Poales</i>
Familia:	<i>Poaceae</i>

Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>Mays</i>
Nombre científico:	<i>Zea mays</i> L.

Tomado de Ortega, (2014)

2.2.3. Procesos fisiológicos del crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz.

Los procesos fisiológicos que rigen el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz son complejos y están influenciados por varios factores ambientales y genéticos, el ciclo de vida del maíz se inicia con la germinación de la semilla (Sánchez Olaya et al., 2019). Bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad, la semilla absorbe agua y comienza a activar enzimas para descomponer las reservas almacenadas en el endospermo y dar lugar a la formación de la plántula (Blanco-Valdes et al., 2021).

Tras la germinación, se desarrolla el sistema radicular, permitiendo la absorción de agua y nutrientes del suelo, simultáneamente, ocurre el proceso de elongación del tallo y la formación de hojas (Morales et al., 2023). La fotosíntesis, fundamental para el crecimiento, se intensifica a medida que las hojas se expanden y capturan la luz solar.

Por otro lado, el maíz es una planta monocotiledónea con un crecimiento determinado por el número de hojas, durante su desarrollo vegetativo, se observan etapas marcadas por la formación de nudos y entrenudos, lo que determina la aparición de hojas y el crecimiento en altura, a medida que la planta madura, se forma la inflorescencia o espiga, donde se encuentran los órganos reproductivos (Herrera-Carvajal et al., 2022).

El proceso de polinización del maíz es crucial para su reproducción, las inflorescencias masculinas, conocidas como estambres o espigas de polen, liberan el polen que es transportado por el viento o los insectos hacia las inflorescencias femeninas, denominadas espigas de seda, una vez fecundadas, las semillas de maíz comienzan a desarrollarse y a almacenar reservas nutritivas (Gironella et al., 2023).

A lo largo del ciclo de crecimiento, este cultivo está sujeto a diversas interacciones con el ambiente, como la disponibilidad de agua, nutrientes, temperatura y luz solar. Estos factores pueden influir significativamente en su desarrollo y rendimiento (Murillo-Cuevas et al., 2021). El conocimiento detallado de los procesos fisiológicos del crecimiento del maíz es fundamental para optimizar las prácticas agrícolas y maximizar la producción de este importante cultivo.

2.2.4. Función y mecanismos de acción de los bioestimulantes en las plantas.

Los bioestimulantes son productos utilizados en la agricultura para mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas, estos productos tienen la función de estimular los procesos fisiológicos de las plantas, lo que resulta en un mejor rendimiento y calidad de los cultivos (López-Padrón et al., 2021). Estas sustancias actúan a nivel celular, promoviendo la división y elongación celular, lo que conduce a un crecimiento más rápido de las plantas, además, estimulan la absorción de nutrientes y mejoran la eficiencia en su utilización, lo que favorece un desarrollo más equilibrado de las plantas (Nabti y Hartmann., 2017).

Uno de los mecanismos de acción de los bioestimulantes es su capacidad para activar la síntesis de fitohormonas, como las auxinas, giberelinas y citoquininas (Espinosa-Antón et al., 2021). Estas hormonas son responsables de regular el crecimiento y desarrollo de las plantas, y su aplicación a través de los bioestimulantes puede potenciar su efecto.

Otro mecanismo de acción de estos productos agrícola es su capacidad para inducir respuestas de defensa en las plantas, estos productos pueden activar los mecanismos de autodefensa de las plantas, como la producción de fitoalexinas y la activación de enzimas antioxidantes, lo que las hace más resistentes a enfermedades y estrés abiótico (Blanco-Valdes et al., 2021).

Además, pueden mejorar la calidad de los cultivos al aumentar la síntesis de compuestos bioactivos, como antioxidantes y compuestos fenólicos,

estos compuestos tienen propiedades beneficiosas para la salud humana y pueden aumentar el valor nutricional de los alimentos, de la misma manera, pueden promover la producción de compuestos como fitoalexinas, antioxidantes y hormonas vegetales, que mejoran la resistencia a enfermedades, el metabolismo y la calidad de los cultivos (Van Oosten et al., 2017).

Es importante destacar que estas sustancias son productos de origen natural o biológico, lo que los hace una opción sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Su uso puede reducir la dependencia de fertilizantes químicos y pesticidas, contribuyendo a una agricultura más sostenible y amigable con el ecosistema.

2.2.5. Efecto de los bioestimulantes en el desarrollo radicular del maíz.

Los bioestimulantes juegan un papel importante en el desarrollo radicular del maíz, estos productos tienen la capacidad de estimular el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas, lo que resulta en un sistema radicular más fuerte y eficiente (Romagna et al., 2019).

Uno de los efectos de los bioestimulantes en el desarrollo radicular del maíz es su capacidad para promover la formación de raíces adventicias, estas raíces adicionales se desarrollan a lo largo del tallo de la planta y aumentan la capacidad de absorción de nutrientes y agua (Guevara-Hernández y Mariaca-Méndez, 2023). Además, tienen la capacidad de mejorar la ramificación de las raíces principales del maíz, esto significa que las raíces se extienden y se ramifican más, lo que aumenta la superficie de absorción y mejora la capacidad de la planta para obtener los nutrientes necesarios para su crecimiento (González-Rodríguez et al., 2018).

Otro efecto de esta sustancia en el desarrollo radicular del maíz es su capacidad para mejorar la tolerancia al estrés abiótico, estos productos pueden ayudar a las raíces a resistir condiciones adversas como la sequía, la salinidad y las temperaturas extremas, lo que permite que la planta continúe creciendo y desarrollándose incluso en condiciones desfavorables (Herrera-Carvajal et al., 2022).

Los bioestimulantes también pueden promover la formación de micorrizas, que son asociaciones simbióticas entre las raíces de las plantas y hongos beneficiosos, estas micorrizas mejoran la absorción de nutrientes, especialmente fósforo, y ayudan a las plantas de maíz a obtener los nutrientes necesarios para su desarrollo (Murillo-Cuevas et al., 2021). Asimismo, pueden estimular la producción de sustancias promotoras del crecimiento, como las fitohormonas, que tienen un efecto positivo en el desarrollo radicular del maíz.

2.2.6. Influencia de los bioestimulantes en la absorción y asimilación de nutrientes en las plantas de maíz.

Los bioestimulantes desempeñan un papel importante en la absorción y asimilación de nutrientes en las plantas de maíz, estos productos tienen la capacidad de mejorar la eficiencia de absorción de nutrientes, lo que resulta en un mejor crecimiento y desarrollo de las plantas (González-Rodríguez et al., 2018).

La influencia de los bioestimulantes en la absorción de nutrientes se debe principalmente a su capacidad para mejorar la actividad de las raíces, estos productos estimulan el crecimiento y el desarrollo radicular, lo que aumenta la superficie de absorción de las raíces y, por lo tanto, mejora la capacidad de la planta de tomar nutrientes del suelo (Martínez-González et al., 2017).

Otro mecanismo de acción de estas sustancias es su capacidad para mejorar la actividad de los microorganismos beneficiosos en el suelo, estos microorganismos pueden descomponer los nutrientes orgánicos y convertirlos en formas más disponibles para las plantas, además, los bioestimulantes pueden promover la formación de micorrizas, que son asociaciones simbióticas entre las raíces de las plantas y hongos beneficiosos (Mejías, 2017). Estas micorrizas mejoran la absorción de nutrientes, especialmente fósforo, y ayudan a las plantas de maíz a obtener los nutrientes necesarios para su crecimiento.

Los productos también pueden influir en la asimilación de nutrientes por parte de las plantas de maíz, de igual manera, pueden estimular la

producción de enzimas y proteínas que están involucradas en la metabolización y transporte de nutrientes dentro de la planta (Lazo et al., 2014). Esto mejora la eficiencia de utilización de nutrientes y permite una mejor asimilación por parte de las plantas.

2.2.7. Respuesta de las plantas de maíz al tratamiento con bioestimulantes en la vía edáfica.

Las plantas de maíz tienen una respuesta altamente positiva al tratamiento con bioestimulantes en la vía edáfica, siendo productos formulados con componentes naturales que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas (Martínez-González et al., 2017).

Uno de los efectos más destacados de los bioestimulantes en las plantas de maíz es su capacidad para aumentar la absorción de nutrientes del suelo, esto se debe a que estos productos contienen compuestos que mejoran la capacidad de las raíces para captar y asimilar los nutrientes presentes en el suelo (Lazo et al., 2014).

Además de mejorar la absorción de nutrientes, los bioestimulantes también estimulan la actividad microbiana en el suelo, esto es especialmente importante en el caso de las plantas de maíz, ya que un microbiota equilibrado en el suelo favorece la disponibilidad de nutrientes y la protección contra patógenos (Daur y Bakhashwain, 2013).

Otro beneficio de estos productos en las plantas de maíz es su capacidad para aumentar la resistencia al estrés abiótico, estas sustancias contienen compuestos que ayudan a las plantas a enfrentar condiciones adversas como la sequía, las altas temperaturas y la salinidad del suelo, de igual modo, mejoran la calidad de los cultivos de maíz, además, estos productos estimulan la síntesis de compuestos como los azúcares, los aminoácidos y los antioxidantes, que son fundamentales para mejorar el sabor, la textura y la vida útil de los productos agrícolas (Méndez-Moreno et al., 2012).

En cuanto a la dosificación de los bioestimulantes en las plantas de maíz, es importante tener en cuenta factores como la edad de la planta, el estado

de desarrollo y las condiciones ambientales (Rasaei et al., 2013). Para obtener los mejores resultados, se recomienda seguir las recomendaciones del fabricante y realizar un monitoreo regular del cultivo.

2.2.8. Efecto de la aplicación foliar de bioestimulantes en el desarrollo vegetativo del maíz.

El efecto de la aplicación foliar de bioestimulantes en el desarrollo vegetativo del maíz ha sido ampliamente estudiado y se han observado resultados prometedores, uno de los principales beneficios de la aplicación foliar de esta sustancia en el maíz es su capacidad para mejorar la absorción y utilización de nutrientes (Lazo et al., 2014). Estos productos contienen compuestos que promueven la actividad de enzimas y transportadores de nutrientes, lo que resulta en una mayor eficiencia en la absorción y utilización de elementos esenciales para el crecimiento de la planta.

Además, actúan como inductores de resistencia en el maíz, estos productos estimulan la síntesis de fitoalexinas y proteínas de defensa, fortaleciendo así la capacidad de la planta para resistir y superar enfermedades y estrés biótico (Daur y Bakhshwain, 2013).

Otro efecto positivo de los bioestimulantes en el desarrollo vegetativo del maíz es su influencia en el metabolismo de las hormonas vegetales, estos productos regulan la síntesis y el transporte de hormonas como las auxinas, giberelinas y citoquininas, lo que resulta en un crecimiento más vigoroso y equilibrado de la planta (Méndez-Moreno et al., 2012).

Asimismo, la aplicación foliar de este producto agrícola en el cultivo de maíz también ha demostrado promover la formación de raíces laterales y el desarrollo de un sistema radicular más amplio y profundo, esto mejora la capacidad de la planta para absorber agua y nutrientes del suelo, lo que se traduce en un mayor rendimiento y resistencia a condiciones de estrés hídrico (Martínez-González et al., 2017).

Adicionalmente, los bioestimulantes también estimulan la fotosíntesis en los

cultivos, mejorando la eficiencia fotosintética al aumentar la captación de luz, la actividad de los fotosistemas y la síntesis de clorofila, lo que resulta en una mayor producción de energía y una mayor capacidad de crecimiento para el desarrollo de la planta (Quintero Rodríguez et al., 2018).

2.2.9. Interacciones entre bioestimulantes y otros factores ambientales en el crecimiento del maíz.

Las interacciones entre bioestimulantes y otros factores ambientales desempeñan un papel crucial en el crecimiento del maíz, estas sustancias, son productos formulados con componentes naturales, pueden interactuar con diversos factores ambientales para influir en el desarrollo de las plantas (Mejías, 2017).

Uno de los factores ambientales más importantes es la disponibilidad de agua en el suelo, los bioestimulantes pueden mejorar la capacidad de las plantas de maíz para resistir el estrés hídrico al promover la formación de raíces laterales y un sistema radicular más profundo, esto permite una mayor absorción de agua y nutrientes, lo que favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas (Daur y Bakhshwain, 2013).

Además del agua, la temperatura también juega un papel crucial en el crecimiento del maíz, es aquí donde estas sustancias orgánicas ayudan a las plantas a tolerar temperaturas extremas al regular el metabolismo de las hormonas vegetales y estimular la síntesis de compuestos protectores (Méndez-Moreno et al., 2012). Esto les permite adaptarse mejor a condiciones de calor o frío y mantener un crecimiento saludable.

La calidad del suelo también es un factor determinante en el crecimiento del maíz, estos agentes estimuladores biológicos pueden mejorar la estructura del suelo, promover la actividad microbiana y potenciar la disponibilidad de nutrientes (Lazo et al., 2014). Esto genera un entorno favorable para el desarrollo de las plantas y potencia su crecimiento vegetativo.

Otro factor ambiental importante es la radiación solar, los bioestimulantes pueden mejorar la captación de luz por parte de las plantas de maíz al

estimular la síntesis de clorofila y aumentar la actividad fotosintética (Méndez-Moreno et al., 2012). Esto resulta en una mayor producción de energía y un crecimiento más vigoroso de las plantas.

Además de estos factores, las interacciones entre los bioestimulantes y otros factores ambientales pueden influir en la absorción y utilización de nutrientes por parte de las plantas de maíz, los bioestimulantes pueden mejorar la eficiencia de absorción de nutrientes al promover la actividad de enzimas y transportadores, lo que resulta en un mejor aprovechamiento de los nutrientes presentes en el suelo (Pérez et al., 2020).

2.2.10. Estudios previos sobre el uso de bioestimulantes en el cultivo de maíz.

Los estudios previos sobre el uso de bioestimulantes en el cultivo de maíz han proporcionado resultados prometedores, uno de los aspectos más destacados de estos estudios es la capacidad de los bioestimulantes para mejorar la absorción de nutrientes por parte de las plantas de maíz, estos productos contienen compuestos que facilitan la captación y asimilación de nutrientes, lo que resulta en un mejor aprovechamiento de los elementos esenciales para el crecimiento de la planta (Villegas-Espinoza et al., 2018).

Además, los bioestimulantes también han demostrado tener un impacto positivo en la actividad microbiana del suelo, estos productos estimulan la proliferación de microorganismos benéficos, lo que contribuye a mejorar la disponibilidad de nutrientes y a la protección contra patógenos (Carranza-Patiño et al., 2023).

Otro aspecto estudiado en relación al uso de bioestimulantes en el cultivo de maíz es su efecto en la tolerancia al estrés abiótico, estos productos contienen compuestos que ayudan a las plantas a resistir condiciones adversas como la sequía, las altas temperaturas y la salinidad del suelo (Lazo et al., 2014).

De igual modo, los estudios también han revelado el efecto positivo de los bioestimulantes en la calidad de los cultivos de maíz, estos productos

promueven la síntesis de compuestos como azúcares, aminoácidos y antioxidantes, lo que mejora el sabor, la textura y la vida útil de los productos agrícolas (Mejías, 2017).

En cuanto a la dosificación de los bioestimulantes en cultivo de maíz, los estudios han demostrado la importancia de considerar factores como: etapa de desarrollo de la planta, la dosis adecuada y las condiciones ambientales (Villegas-Espinoza et al., 2018). Un uso adecuado de los bioestimulantes puede maximizar su efectividad y obtener resultados óptimos.

Además, investigadores han examinado cómo las dosis variables de bioestimulantes pueden influir en la morfología y fisiología de las plantas de maíz (Mejías, 2017). Algunos estudios han revelado que dosis más altas no siempre resultan en mayores beneficios, y que dosis excesivas podrían no ser más efectivas y, en algunos casos, incluso podrían provocar respuestas negativas en el crecimiento de las plantas.

Se ha observado que la aplicación en diferentes etapas de crecimiento del maíz puede tener efectos diversos. Por ejemplo, la aplicación temprana de bioestimulantes puede impactar en el desarrollo radicular y la estructura vegetativa inicial, mientras que las aplicaciones durante etapas de floración o llenado de grano podrían influir significativamente en la calidad y cantidad de la cosecha (Quintero Rodríguez et al., 2018).

De la misma manera, los estudios han explorado la interacción entre los bioestimulantes y otros insumos agrícolas, como fertilizantes convencionales, pesticidas u otros bioestimulantes (Matamoros-Quesada et al., 2020). Se ha investigado cómo las combinaciones de diferentes productos pueden potenciar o inhibir sus efectos individuales, proporcionando así información crucial para el diseño de estrategias de aplicación integradas y más efectivas en el cultivo de maíz.

2.2.11. Experiencias exitosas de aplicación de bioestimulantes en otros cultivos agrícolas.

Las experiencias exitosas de aplicación de bioestimulantes en otros cultivos

agrícolas han demostrado los beneficios significativos en términos de producción y economía, en cultivos como trigo, soja, vid y hortalizas, se han observado mejoras sustanciales en la calidad de cultivos y en rendimientos, atribuibles al uso estratégico de bioestimulantes (Mazuela et al., 2012).

En la viticultura, por ejemplo, se han realizado aplicaciones de bioestimulantes que han contribuido al fortalecimiento de las defensas de las plantas frente a enfermedades, aumentando así la resistencia natural de las vides y mejorando la calidad de las uvas (Villegas-Espinoza et al., 2018). Esto ha llevado a la producción de vinos de mejor calidad y, en algunos casos, a cosechas más abundantes y sostenibles.

En el cultivo de hortalizas, se han registrado mejoras en la calidad de los productos, como mayor contenido de nutrientes, mejor coloración y mayor vida útil después de la cosecha. Los bioestimulantes han promovido la resistencia de las plantas a factores de estrés ambiental, como sequías o altas temperaturas, lo que ha llevado a un aumento en la estabilidad de los cultivos y a reducir pérdidas económicas para los agricultores.

En estudios previos, se ha observado que estas sustancias promueven la absorción y utilización eficiente de nutrientes por parte de las plantas (Rasaei et al., 2013). Esto se debe a que contienen compuestos que estimulan la actividad de enzimas y transportadores, mejorando así la captación de nutrientes esenciales para el crecimiento de los cultivos.

Además, se ha evidenciado que los bioestimulantes tienen un impacto positivo en la actividad microbiana del suelo. Estos productos estimulan la proliferación de microorganismos benéficos, lo que favorece la disponibilidad de nutrientes y la protección contra patógenos.

En cuanto a la resistencia al estrés abiótico, los bioestimulantes han mostrado resultados alentadores, estos productos contienen compuestos que ayudan a las plantas a enfrentar condiciones adversas como la sequía, las altas temperaturas y la salinidad del suelo, mejorando así su capacidad de supervivencia y rendimiento (Morejón-Rivera et al., 2021).

En experiencias con otros cultivos agrícolas, se ha comprobado que los bioestimulantes también promueven el desarrollo radicular y la formación de raíces laterales, esto mejora la absorción de agua y nutrientes, lo que se traduce en un crecimiento más vigoroso y una mayor producción de los cultivos (Mazuela et al., 2012).

Adicionalmente, se ha evidenciado que los bioestimulantes estimulan la síntesis de compuestos bioactivos, como fitoalexinas y antioxidantes, estos compuestos fortalecen la capacidad de las plantas para resistir enfermedades y estrés biótico, mejorando así su salud y productividad (Contreras et al., 2012).

2.2.12. Potencialidad de los bioestimulantes como herramienta para mejorar el rendimiento del maíz.

Los bioestimulantes presentan un gran potencial como herramienta para mejorar el rendimiento del maíz, estos productos contienen compuestos orgánicos y sustancias activas que pueden desencadenar respuestas fisiológicas positivas en las plantas de maíz, lo que se traduce en beneficios significativos para su desarrollo y productividad (Mejías, 2017).

Uno de los aspectos más destacados de los bioestimulantes es su capacidad para mejorar la absorción y utilización de nutrientes por parte de las plantas, estos productos contienen compuestos que promueven la actividad de enzimas y transportadores, lo que aumenta la eficiencia en la absorción y asimilación de elementos esenciales para el crecimiento del maíz (Villegas-Espinoza et al., 2018).

Además, los bioestimulantes también estimulan la actividad microbiana en el suelo, esta actividad es fundamental para la disponibilidad y movilización de nutrientes y la protección contra patógenos (Quintero Rodríguez et al., 2018). Esta acción facilita la absorción de nutrientes, mejorando la salud general de las plantas y optimizando su rendimiento.

Otro aspecto relevante es la capacidad de los bioestimulantes para mejorar la tolerancia al estrés abiótico en el maíz, estos productos contienen

compuestos que ayudan a las plantas a resistir condiciones adversas como la sequía, las altas temperaturas y la salinidad del suelo, lo que se traduce en un mayor rendimiento (Morejón-Rivera et al., 2021).

Asimismo, promueven el desarrollo radicular del maíz, un sistema radicular más desarrollado y eficiente permite una mejor captación de agua y nutrientes, lo que favorece un mayor rendimiento del cultivo. Por otro lado, en cuanto a la calidad del maíz, los bioestimulantes estimulan la síntesis de compuestos como azúcares, aminoácidos y antioxidantes, mejorando así su calidad organoléptica y nutricional (Quintero Rodríguez et al., 2018).

Además, estas sustancias también pueden influir en la producción hormonal del maíz, estos productos regulan la síntesis y el transporte de hormonas vegetales, como auxinas y las giberelinas, lo que contribuye al crecimiento y desarrollo equilibrado de la planta (Ariza Flores et al., 2015).

En particular, se ha observado que los bioestimulantes pueden estimular la producción de auxinas, hormonas fundamentales en la elongación celular y el crecimiento de las raíces y los tallos, este estímulo puede resultar en un desarrollo radicular más profundo y extenso, lo que mejora la capacidad de absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas de maíz, contribuyendo a su crecimiento y vigor (Contreras et al., 2012).

Asimismo, estos productos pueden influir en la producción de giberelinas, hormonas que regulan el crecimiento y la elongación de los tallos, un aumento en la producción de giberelinas puede conducir a un desarrollo vegetativo más robusto, lo que resulta en un mejor aprovechamiento de la luz solar y una mayor capacidad para resistir condiciones adversas (Matamoros-Quesada et al., 2020).

Además, los bioestimulantes pueden tener un impacto en la producción de citoquininas, hormonas que intervienen en la división y diferenciación celular, una regulación adecuada de citoquininas puede promover un equilibrio entre el crecimiento vegetativo y reproductivo del maíz, favoreciendo la formación y desarrollo de la espiga y el grano, aspectos vitales para una alta productividad (Ariza Flores et al., 2015).

CAPÍTULO III: Diseño metodológico

3.1 Tipo y diseño de investigación

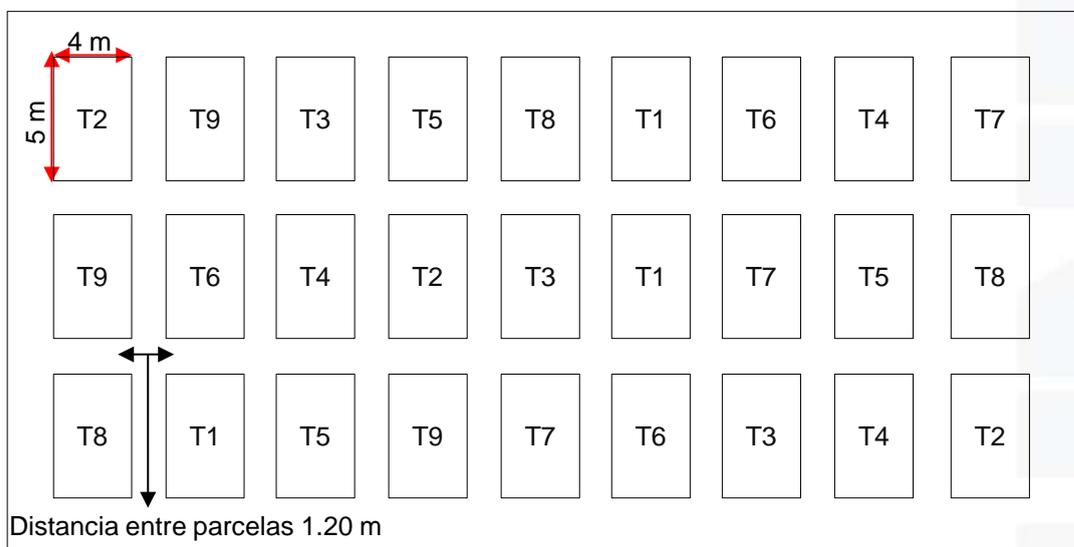
El estudio se realizó en la Finca EL CACUZAL, ubicada en el sitio La Federico Intriago del cantón Buena Fe, provincia de Los Ríos – Ecuador, georeferencialmente se encuentra dentro de las coordenadas -0.745938 – 79.410507, a una altura de 103 m.s.n.m.

La investigación es de tipo experimental en la cual se sometió a valoración la aplicación de formulación con diferentes bioestimulantes comerciales de origen natural enriquecidos con extracto de alga marina *Ascophyllum nodosum* (Fertiestim plus, Fertiquel Zinc plus, Fertiquel NPK, Fertiquel Mix, Fortaleza Plus, Fortaleza Zinc, Fertizakelp, Bio hume, Fertiquel Magnesio Plus, Fortaleza Magnesio) para observar el efecto en el desarrollo vegetativo del maíz híbrido EMBLEMA 777.

Para el experimento se asignaron 9 tratamientos y 3 réplicas distribuidos según se observa en la figura 1.

Figura 1.

Distribución de los tratamientos en campo.



Fuente: Autor.

El día 10 posterior a la siembra todas las plantas recibieron el bioestimulante Soil plast (*Azospirillum brasilense* 1×10^9 UFC/mL) 5 cc/l de agua aplicado por vía edáfica.

Los tratamientos fueron distribuidos en dos periodos, con variación de sus compuestos según las necesidades nutricionales en cada etapa fenológica del cultivo de maíz:

1. Tratamientos utilizados al día 20 posterior a la siembra.

- T1** Fertiestim plus 2.5 cc/l de agua + Fertiquel Zinc plus 2.5 cc/l de agua.
- T2** Fertiestim plus 2.5 cc/l de agua + Fertiquel NPK 1.25 cc/l de agua + Fertiquel Mix 1.25 cc/l de agua.
- T3** Fortaleza Plus 5 cc/l de agua + Fortaleza Zinc 5 cc/l de agua.
- T4** Fertizakelp 5 cc/l de agua.
- T5** Testigo.
- T6** Fertiestim plus 1.25 cc/l de agua + Fertiquel NPK 1.25 cc/l de agua + Fertiquel Mix 1.25 cc/l de agua + Fertiquel Zinc plus 1.25 cc/l de agua.
- T7** Fertiestim 1.25.5 cc/l agua + Fertiquel NPK 1.25 cc/l agua + Fertiquel Mix 1.25 cc/l + Fertiquel Zn 1.25 cc/l de agua.
- T8** Fertiestim plus 1.25 cc/l de agua + Fertiquel NPK 1.25 cc/l de agua + Fertiquel Mix 1.25 cc/l de agua + Fertiquel Zinc plus 1.25 cc/l de agua + Bio hume 1.25 cc/l de agua.
- T9** Fertizakelp 5 cc/l de agua + Fertiquel Zinc plus 2.5 cc/l de agua.

2. Tratamientos utilizados al día 40 posterior a la siembra.

- T1** Fertiestim plus 2.5 cc/l de agua + Fertiquel Magnesio Plus en dosis de 2.5 cc/l de agua.
- T2** Fertiestim plus 2.5 cc/l de agua + Fertiquel NPK 1.25 cc/l de agua + Fertiquel Mix 1.25 cc/l de agua.
- T3** Fortaleza plus 5 cc/l de agua + Fortaleza Magnesio 5 cc/l de agua.
- T4** Fertizakelp 5 cc/l de agua.

T5 Testigo.

T6 Fertiestim plus 1.25 cc/l de agua + Fertiquel NPK 1.25 cc/l de agua + Fertiquel Mix 1.25 cc/l de agua + Fortaleza Magnesio en dosis de 1.25 cc/l de agua.

T7 Fertiestim 1.25 cc/l agua + Fertiquel NPK 1.25 cc/l agua + Fertiquel Mix 1.25 cc/l de agua + Fertiquel Mg 1.25 cc/l de agua.

T8 Fertiestim plus 1.25 cc/l de agua + Fertiquel NPK 1.25 cc/l de agua + Fertiquel Mix 1.25 cc/l de agua + Fertiquel Magnesio Plus en dosis de 1.25 cc/l de agua + Bio hume 1.25 cc/l de agua.

T9 Fertizakelp 5 cc/l de agua + Fertiquel Magnesio Plus en dosis de 2.5 cc/l de agua.

3.2 La población y la muestra

3.2.1 Características de la población

A continuación, en la tabla 3 se detallan las características del área de estudio sometida a experimentación:

Tabla 3. Características del ensayo.

Características	Cantidad
Numero de parcelas	27
Densidad del cultivo	62 500 plantas/ha
Dimensión de cada parcela	5 m de largo x 4 m de ancho
Espacio entre caminos	1.20 m
Área de cada parcela	20 m ²
Distancia entre hilera	0.80 m
Distancia entre plantas	0.20 m
Área total de las parcelas	540 m ²
Numero de semillas por hoyo	1

Numero de plantas/parcela	125
Numero de tratamientos	9
Numero de repeticiones	3
Plantas por tratamiento	375
Total, Plantas	3375

Elaborado: Autor

3.2.2 Delimitación de la población

La selección de la población del material vegetal a emplear se llevó a cabo siguiendo las instrucciones proporcionadas en la ficha técnica del genotipo híbrido de maíz utilizado, denominado EMBLEMA 777. Según las recomendaciones, se sugiere sembrar los granos de maíz a una densidad de población de 60 000 plantas por hectárea.

3.2.3 Tipo de muestra

Material vegetal de genotipo híbrido de maíz EMBLEMA 777.

3.2.4 Tamaño de la muestra

Para la toma de datos en cada una de las variables evaluadas se consideró 30 plantas como muestra por parcela, equivalente al 5,7% de plantas maíz por unidad experimental.

3.2.5 Proceso de selección de la muestra

Se llevó a cabo un proceso de selección al azar en cada una de las unidades experimentales de los tratamientos, considerando las variables de respuesta analizadas. Se calculó la media de estas variables para luego ser sometidas al análisis estadístico.

3.3 Los métodos y las técnicas

En el estudio experimental cuantitativo se aplicó el método investigativo inductivo-deductivo y analítico-sintético.

Las técnicas desarrolladas fueron la experimentación, muestreos al azar,

observación, búsqueda bibliográfica y análisis documental.

A continuación, se detalla el desarrollo del ensayo:

Se inicio con la preparación del terreno para la siembra, el mismo que fue desbrozada la maleza con machete. Luego con un tractor se pasó el romplow y se surco. Ya adecuadas las parcelas se sembró el 18 de noviembre de 2023 ubicando una semilla por hoyo, como inicio la época de lluvia no se proporcionó ningún tipo de riego al cultivo.

La semilla fue tratada previo a la siembra con CEMEPRID (Thiodicarb 300 g/kg; Imidacloprid 105 g/kg; Microelementos Zn 25 %, Mo 2 %, B 1 %) en dosis 25 ml/kg semilla.

El detalle de la evaluación de las diferentes variables se detalla a continuación:

- ✓ Porcentaje de germinación día 5: El porcentaje de germinación se calcula dividiendo el número de semillas que han germinado hasta el día 5 entre el número total de semillas sembradas y multiplicando por 100.
- ✓ Altura de la planta día 19: Se midió con una cinta métrica la altura de cada planta seleccionada al día 19 después de la siembra.
- ✓ Altura de la planta día 41: Se midió con una cinta métrica la altura de cada planta seleccionada al día 41 después de la siembra.
- ✓ Altura de la planta día 56: Se midió con una cinta métrica la altura de cada planta seleccionada al día 56 después de la siembra.
- ✓ Diámetro del tallo día 19: Utilizando un calibrador se mide el diámetro del tallo de cada planta seleccionada al día 19 después de la siembra.
- ✓ Diámetro del tallo día 41: Utilizando un calibrador se mide el diámetro del tallo de cada planta seleccionada al día 41 después de la siembra.
- ✓ Diámetro del tallo día 56: Utilizando un calibrador se mide el diámetro

del tallo de cada planta seleccionada al día 56 después de la siembra.

- ✓ Largo de la hoja día 41: Se midió con una cinta métrica el largo de la hoja # 1, seleccionada al día 41 después de la siembra.
- ✓ Largo de la hoja día 56: Se midió con una cinta métrica el largo de la hoja # 1, seleccionada al día 56 después de la siembra.
- ✓ Ancho de la hoja día 41: Se midió con una cinta métrica el ancho de la hoja # 1, seleccionada al día 41 después de la siembra.
- ✓ Ancho de la hoja día 56: Se midió con una cinta métrica el ancho de la hoja # 1, seleccionada al día 56 después de la siembra.
- ✓ Porcentaje de plantas con panoja día 56: El porcentaje de plantas con panoja se calculó dividiendo el número de plantas que han desarrollado panojas hasta el día 56 entre el número total de plantas y multiplicando por 100.

3.4 Procesamiento estadístico de la información.

El estudio se efectuó a través del análisis de varianza simple (ANOVA), el diseño experimental que se utilizó fue un (DBCA) Diseño de Bloques Completamente al Azar, la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Duncan con ($p < 0.05$) de error, la tabulación de datos se realizó en el software estadístico INFOSTAT versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020).

CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados

4.1 Análisis de los resultados

En la tabla 4 se muestra el comportamiento productivo del maíz híbrido EMBLEMA 777 bajo el efecto de la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales de origen natural.

Tabla 4. Comportamiento productivo del maíz híbrido EMBLEMA 777 bajo el efecto de la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales de origen natural.

Indicador	Tratamientos									EE (±)	Signif.
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9		
PG5 (%)	93,67 ^a	96,33 ^{ab}	97,67 ^{ab}	99,67 ^b	97,67 ^{ab}	97,33 ^{ab}	97,00 ^{ab}	94,33 ^a	97,33 ^{ab}	1,47	P=0,2202
AP19 (cm)	47,52 ^{ab}	45,28 ^{ab}	50,05 ^b	44,48 ^a	45,28 ^{ab}	50,09 ^b	49,22 ^{ab}	49,35 ^{ab}	45,03 ^{ab}	1,60	P=0,0895
AP41 (cm)	111,06 ^a	111,07 ^a	117,56 ^b	118,07 ^b	117,89 ^b	124,31 ^c	125,48 ^c	129,56 ^c	118,35 ^b	1,71	P<0,0001
AP56 (cm)	169,41 ^a	168,48 ^a	174,96 ^{ab}	178,85 ^b	180,74 ^b	192,96 ^c	204,15 ^d	201,41 ^d	188,85 ^c	2,37	P<0,0001
DT19 (mm)	8,15 ^a	7,93 ^a	10,98 ^b	8,26 ^a	8,52 ^a	9,33 ^{ab}	9,41 ^{ab}	8,85 ^a	7,70 ^a	0,63	P=0,0502
DT41 (mm)	21,59 ^{abc}	21,41 ^{ab}	21,63 ^{abc}	22,55 ^{bc}	20,96 ^a	22,59 ^{bc}	22,22 ^{abc}	23,00 ^c	21,33 ^{ab}	0,42	P=0,0456
DT56 (mm)	24,37 ^{ab}	24,37 ^{ab}	23,56 ^a	24,45 ^{ab}	23,33 ^a	24,56 ^{ab}	25,78 ^{bc}	26,52 ^c	24,04 ^{ab}	0,55	P=0,0168
LH41 (cm)	76,38 ^a	76,04 ^a	79,07 ^{ab}	77,76 ^{ab}	77,00 ^a	82,24 ^{cd}	80,09 ^{bc}	84,07 ^d	80,03 ^{bc}	0,93	P=0,0002
LH56 (cm)	86,34 ^b	86,32 ^b	85,30 ^b	88,55 ^b	86,76 ^b	80,48 ^a	86,25 ^b	89,61 ^b	86,72 ^b	1,52	P=0,0390
AH41 (cm)	7,10 ^a	7,95 ^{ab}	8,40 ^{bcd}	8,37 ^{bcd}	8,16 ^{abc}	8,52 ^{cd}	8,46 ^{cd}	8,77 ^d	7,96 ^{ab}	0,15	P=0,0032
AH56 (cm)	10,07 ^{abc}	10,04 ^{ab}	10,19 ^{bcd}	10,53 ^d	10,37 ^{bcd}	10,12 ^{bc}	10,19 ^{bcd}	10,44 ^{cd}	9,71 ^a	0,12	P=0,0068
PPP56 (%)	99,33 ^a	99,33 ^a	99,67 ^a	100,00 ^a	100,00 ^a	100,00 ^a	100,00 ^a	100,00 ^a	99,33 ^a	0,29	P=0,3512

Medias dentro de la misma fila con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

PG5 Porcentaje Germinación día 5 (%); AP19 Altura de la planta día 19 (cm); AP41 Altura de la planta día 41 (cm); AP56 Altura de la planta día 56 (cm); DT19 Diámetro del tallo día 19 (mm); DT41 Diámetro del tallo día 41 (mm); DT56 Diámetro del tallo día 56 (mm); LH41 Largo de la hoja día 41 (cm); LH56 Largo de la hoja día 56 (cm); AH41 Ancho de la hoja día 41 (cm); AH56 Ancho de la hoja día 56 (cm); PPP56 Porcentaje de plantas con panoja día 56 (%).

Porcentaje de germinación día 5 (%). En el análisis de resultados que se muestra en la tabla 4, se muestra un resumen de los resultados del análisis de la varianza para la variable "Porcentaje de Germinación día 5". En este análisis, el modelo global tiene un valor de F de 1,48 y un p-valor de 0,2327, lo que indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas entre los tratamientos, ver anexo 1. El cuadro también muestra los resultados de los tratamientos individuales y el error residual. El valor de F y el p-valor para los tratamientos sugieren que no hay diferencias significativas entre ellos. Además, el análisis de Duncan con un nivel de confianza del 95% muestra que las medias de los tratamientos no son significativamente diferentes entre sí ($p > 0,05$), ver anexo 1. Los tratamientos T1 y T8 tienen medias muy similares de 93,67 y 94,33 respectivamente, y comparten la letra "A", lo que indica que no son significativamente diferentes entre sí ($p > 0,05$). Los tratamientos T2, T7, T6, T9, T5, y T3 tienen medias ligeramente más altas y comparten las letras "A" y "B", lo que indica que no son significativamente diferentes entre sí ($p > 0,05$). El tratamiento T4 tiene una media más alta de 99,67 y no comparte ninguna letra común con los otros tratamientos, lo que sugiere que es significativamente diferente de los tratamientos que no tienen la letra "B".

Altura de la planta día 19 (cm). Los resultados proporcionados en la tabla 4, presenta un resumen del análisis de la varianza para la variable "Altura de planta día 19 (cm)". Como se observa la tabla de ANOVA en el anexo 2, el modelo general tiene un valor de F de 2,09 y un valor p de 0,0915. Esto indica que el modelo no es significativamente diferente de cero, es decir, no hay una diferencia significativa entre los grupos en términos de la altura de la planta día 19. Según el análisis de la varianza realizado, no se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, ya que el p-valor obtenido (0,0895) es mayor que el nivel de significancia (0,05). Por lo tanto, no se puede rechazar la hipótesis nula de que las medias son iguales. En base a los resultados del análisis de la varianza y el Test de Duncan, los tratamientos T4, T9, T5, T2, T1, T7 y T8 no muestran diferencias significativas entre sus medias, mientras que los tratamientos T3 y T6 sí muestran diferencias significativas con respecto a los otros tratamientos en términos de la altura de la planta día 19.

Altura de la planta día 41 (cm). En la tabla 4 y el análisis de varianza del anexo 3, muestra que: El modelo utilizado fue altamente significativo, con un valor de F de 10,93 y un p-valor significativamente menor que 0,0001. Esto indica que el modelo en su

conjunto es estadísticamente significativo para explicar la variabilidad en la altura de la planta en el día 41. Los tratamientos también fueron altamente significativos, con un valor de F de 13,31 y un p-valor significativamente menor que 0,0001. Esto indica que los diferentes tratamientos aplicados tuvieron un efecto significativo en la altura de la planta en el día 41. La repetición no fue significativa, con un valor de F de 1,38 y un p-valor de 0,2798. Esto indica que la repetición no tuvo un efecto significativo en la altura de la planta en el día 41. Los tratamientos tienen un efecto significativo en la altura de la planta día 41. Sin embargo, las medias de los tratamientos no son significativamente diferentes entre sí. Sin embargo, el test de Duncan con un nivel de significancia de 0,05 para comparar las medias de los tratamientos. Los resultados indicaron que hay tres grupos de tratamientos que no son significativamente diferentes entre sí ($p > 0,05$):

- Grupo A: Los tratamientos T1 y T2 tienen medias de altura de planta día 41 de 111,06 y 111,07, respectivamente.
- Grupo B: Los tratamientos T3, T5, T4 y T9 tienen medias de altura de planta día 41 de 117,56, 117,89, 118,07 y 118,35, respectivamente.
- Grupo C: Los tratamientos T6, T7 y T8 tienen medias de altura de planta día 41 de 124,31, 125,48 y 129,59, respectivamente.

Estos resultados indican que los tratamientos dentro de cada grupo no presentan diferencias significativas en términos de su efecto en la altura de la planta en el día 41.

Altura de la planta día 56 (cm). Los datos que se muestran en la tabla 4 y anexo 4, corresponden a un análisis de la varianza (ANOVA) realizado sobre la variable "Altura de la planta día 56". A continuación, se detalla la interpretación de los resultados:

- Modelo: La suma de cuadrados (SC) asociada al modelo es 4251,29. Los grados de libertad (gl) son 10, lo que indica que hay 10 fuentes de variación diferentes consideradas en el modelo. La suma de cuadrados media (CM) es 425,13. El valor F es 25,25 y el p-valor es menor que 0,0001. Esto indica que el modelo es altamente significativo y que hay diferencias significativas entre las diferentes fuentes de variación consideradas.

- **Tratamientos:** La suma de cuadrados (SC) asociada a los tratamientos es 4150,53. Los grados de libertad (gl) son 8, lo que indica que hay 8 tratamientos diferentes considerados en el estudio. La suma de cuadrados media (CM) es 518,82. El valor F es 30,81 y el p-valor es menor que 0,0001. Esto indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos y que al menos uno de ellos tiene un efecto significativo en la altura de la planta.
- **Repetición:** La suma de cuadrados (SC) asociada a la repetición es 100,76. Los grados de libertad (gl) son 2, lo que indica que hay 2 niveles de repetición considerados en el estudio. La suma de cuadrados media (CM) es 50,38. El valor F es 2,99 y el p-valor es 0,0787. Esto indica que la repetición no tiene un efecto significativo en la altura de la planta.

El test de Duncan compara las medias entre los tratamientos, en este caso, se utilizó un nivel de significancia (alfa) de 0,05. El número de observaciones (n) para cada tratamiento es 3 y el error estándar (E.E.) es 2,37. En este caso, las medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí ($p > 0,05$), lo que indica que no hay diferencias significativas entre los tratamientos T2, T1 y T3, ni entre T4 y T5, ni entre T9 y T6, ni entre T8 y T7. Sin embargo, hay diferencias significativas entre estos grupos de tratamientos.

Diámetro del tallo día 19 (mm). A partir de los datos proporcionados en la tabla 4 y anexo 5, podemos realizar un análisis general de los resultados obtenidos: El cuadro de análisis de la varianza proporciona información sobre la contribución de los diferentes componentes de variabilidad en el modelo. En este caso, se presentan los siguientes componentes:

- **Modelo:** La suma de cuadrados (SC) del modelo es de 26,69, con 10 grados de libertad (gl). La media de los cuadrados (CM) es de 2,67. El valor F es de 2,26 y el p-valor asociado es de 0,0710. Esto indica que el modelo tiene un efecto significativo en la variabilidad del diámetro del tallo en el día 19, aunque el p-valor está cerca del umbral de significancia de 0,05.
- **Tratamientos:** La suma de cuadrados (SC) de los tratamientos es de 24,50, con 8 grados de libertad (gl). La media de los cuadrados (CM) es de 3,06. El valor F es de 2,59 y el p-valor asociado es de 0,0502. Esto indica que los tratamientos

tienen un efecto significativo en la variabilidad del diámetro del tallo en el día 19, ya que el p-valor es menor que el umbral de significancia de 0,05.

- Repetición: La suma de cuadrados (SC) de la repetición es de 2,19, con 2 grados de libertad (gl). La media de los cuadrados (CM) es de 1,10. El valor F es de 0,93 y el p-valor asociado es de 0,4162. Esto indica que la repetición no tiene un efecto significativo en la variabilidad del diámetro del tallo en el día 19, ya que el p-valor es mayor que el umbral de significancia de 0,05.

Además, el test de Duncan muestra que hay diferencias significativas entre la media del tratamiento T3 y las medias de los tratamientos asignados con la letra A.

Diámetro del tallo día 41 (mm). Para realizar un análisis general a partir de los datos proporcionados de la tabla 4 y anexo 6, se puede observar lo siguiente: El cuadro de análisis de la varianza muestra los resultados del análisis de varianza para el modelo utilizado:

- Modelo: El modelo utilizado tiene una suma de cuadrados (SC) de 11,66, con 10 grados de libertad (gl). El CM (Cuadrado Medio) es de 1,17. El valor de F es de 2,16 y el p-valor asociado es de 0,0818. Esto indica que el modelo no es estadísticamente significativo a un nivel de significancia de 0,05.
- Tratamientos: Los tratamientos tienen una suma de cuadrados de 11,48, con 8 grados de libertad. El CM es de 1,43. El valor de F es de 2,66 y el p-valor asociado es de 0,0456. Esto indica que los tratamientos son estadísticamente significativos a un nivel de significancia de 0,05.
- Repetición: La repetición tiene una suma de cuadrados de 0,18, con 2 grados de libertad. El CM es de 0,09. El valor de F es de 0,16 y el p-valor asociado es de 0,8498. Esto indica que la repetición no es estadísticamente significativa a un nivel de significancia de 0,05.

Los resultados del test de Duncan indican que hay grupos de medias que no son significativamente diferentes entre sí ($p > 0,05$). Los tratamientos T5, T9, T2, T1, T3 y T7 tienen una letra común "A", lo que indica que estas medias no son significativamente diferentes entre sí. Los tratamientos T4 y T6 tienen una letra común "B", lo que indica que estas medias no son significativamente diferentes entre sí. El

tratamiento T8 tiene la letra "C", lo que indica que su media es significativamente diferente de las otras medias.

Diámetro del tallo día 56 (mm). La tabla 4 y anexo 7, en este caso, se ha realizado un análisis de la varianza para examinar la relación entre la variable "Diámetro del tallo día 56" y los tratamientos aplicados. El modelo en general explica el 64% de la variabilidad en los datos (R^2), ajustado al número de variables explicativas (R^2 Aj). El coeficiente de variación (CV) indica que la variabilidad de los datos es del 3.85%. El cuadro de análisis de la varianza muestra la descomposición de la suma de cuadrados (SC) en diferentes componentes. El modelo en su conjunto es significativo, con un valor F de 2.81 y un p-valor de 0.0317. La variable "Tratamientos" también es significativa, con un valor F de 3.45 y un p-valor de 0.0168. La repetición y el error no son significativos, con valores F y p-valores más altos. En total, la variabilidad explicada por el modelo y los tratamientos es del 89%, mientras que el error representa el 11%.

Se realizó una comparación de medias utilizando el test de Duncan con un nivel de significancia (alfa) de 0.05. Se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Los tratamientos T5, T3, T9, T1, T2 y T4 tienen medias similares y se les asigna la letra A. El tratamiento T6 tiene una media similar a los tratamientos A, pero se le asigna la letra B. El tratamiento T7 tiene una media similar a los tratamientos B, pero no es significativamente diferente del tratamiento C. El tratamiento T8 tiene la mayor media y se le asigna la letra C.

Largo de la hoja día 41 (cm). El cuadro de análisis de la varianza muestra los resultados del ANOVA en la tabla 4 y anexo 8, pudiendo detallar:

- Modelo: La suma de cuadrados del modelo fue de 184,71, con 10 grados de libertad (gl). El cuadrado medio (CM) fue de 18,47. El valor de F obtenido fue de 7,13, con un p-valor de 0,0003. Esto indica que el modelo es significativo y que las diferencias observadas entre los tratamientos no son atribuibles al azar.
- Tratamientos: La suma de cuadrados de los tratamientos fue de 178,04, con 8 gl. El CM fue de 22,25. El valor de F obtenido fue de 8,59, con un p-valor de 0,0002. Esto indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

- Repeticiones: La suma de cuadrados de las repeticiones fue de 6,67, con 2 gl. El CM fue de 3,34. El valor de F obtenido fue de 1,29, con un p-valor de 0,3029. Esto indica que no hay diferencias significativas entre las repeticiones.

Se realizó un test de Duncan con un nivel de significancia (alfa) de 0,05 para comparar las medias de los tratamientos. Las medias de los tratamientos se presentan en el cuadro, junto con las letras asociadas a cada media. Las medias con una letra común indican que no hay diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$). En este caso, las medias de los tratamientos T2, T1, y T5 son estadísticamente iguales, así como las medias de los tratamientos T4 y T3. Las medias de los tratamientos T9 y T7 también son iguales, mientras que las medias de los tratamientos T6 y T8 son diferentes de las demás medias.

Largo de la hoja día 56 (cm). En el análisis de la varianza (ANOVA) que se muestra en la tabla 4 y anexo 9, se están evaluando los efectos de diferentes tratamientos en la variable "Largo de hoja día". A continuación, se proporciona una interpretación de los datos presentados:

El coeficiente de variación (CV) es una medida de la variabilidad relativa en la variable "Largo de hoja día". En este caso, el CV es 3,05, lo que indica que la variable tiene una variabilidad relativamente baja en comparación con la media.

La tabla muestra los resultados del ANOVA, aquí se muestra la suma de cuadrados (SC), los grados de libertad (gl), el cuadrado medio (CM), la estadística F y el valor p para cada fuente de variación. El modelo en su conjunto tiene un valor F de 2,55 y un valor p de 0,0458, lo que indica que el modelo es estadísticamente significativo a un nivel de significancia del 5%.

Esta fuente de variación representa los tratamientos utilizados en el estudio. Tiene una suma de cuadrados (SC) de 153,95, 8 grados de libertad y un cuadrado medio (CM) de 19,24. La estadística F asociada es 2,78 y el valor p es 0,0390, lo que indica que los tratamientos tienen un efecto significativo en la variable "Largo de hoja día".

Esta fuente de variación representa la repetición del experimento. Tiene una suma de cuadrados (SC) de 22,88, 2 grados de libertad y un cuadrado medio (CM) de 11,44. La estadística F asociada es 1,65 y el valor p es 0,2227, lo que indica que la repetición

no tiene un efecto significativo en la variable.

Esta fuente de variación representa el error residual en el modelo. Tiene una suma de cuadrados (SC) de 110,80 y 16 grados de libertad. Se realizó un test de Duncan para comparar las medias de los tratamientos. El valor Alfa se estableció en 0,05. Según los resultados, las medias que tienen una letra común (A, B) no son significativamente diferentes entre sí, lo que significa que no hay diferencias significativas entre esas medias. En este caso, se puede observar que el tratamiento T6 tiene una media significativamente diferente al resto de los tratamientos, que tienen medias similares y se les asigna la letra "B".

Ancho de la hoja día 41 (cm). La tabla 4 y anexo 10, de análisis de la varianza muestra los resultados específicos del análisis:

- Modelo: es la fuente de variación que representa el modelo utilizado en el análisis. La suma de cuadrados (SC) para esta fuente de variación es de 2.93, con 10 grados de libertad (gl). El cuadrado medio (CM) es de 0.29 y el valor F es de 4.31. El p-valor asociado a esta fuente de variación es de 0.0048, lo que indica que hay una diferencia significativa entre los tratamientos.
- Tratamientos: es la fuente de variación que representa los diferentes tratamientos o grupos en el estudio. La suma de cuadrados (SC) para esta fuente de variación es de 2.70, con 8 grados de libertad (gl). El cuadrado medio (CM) es de 0.34 y el valor F es de 4.96. El p-valor asociado a esta fuente de variación es de 0.0032, lo que indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos.
- Repetición: es la fuente de variación que representa la repetición o replicación de las observaciones. La suma de cuadrados (SC) para esta fuente de variación es de 0.23, con 2 grados de libertad (gl). El cuadrado medio (CM) es de 0.12 y el valor F es de 1.72. El p-valor asociado a esta fuente de variación es de 0.2105, lo que indica que no hay una diferencia significativa debido a la repetición.

Después del análisis de la varianza, se realizó una prueba post-hoc de Duncan para determinar las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. El nivel

de significancia utilizado fue $\alpha=0.05$. En este caso, las medias de los tratamientos se agrupan en cuatro grupos: T1, T2, T9; T5, T4, T3; T7, T6; T8. Esto indica que las medias de T1, T2 y T9 no son significativamente diferentes entre sí, pero son diferentes de las medias en los otros grupos. Las medias en los grupos T5, T4 y T3 tampoco son significativamente diferentes entre sí, pero son diferentes de las medias en los grupos T1, T2 y T9. De manera similar, las medias en los grupos T7 y T6 son diferentes de las medias en los otros grupos, y la media en el grupo T8 es diferente de todas las demás.

Ancho de la hoja día 56 (cm). En este caso, se muestra en la tabla 4 y anexo 11 el análisis de la varianza se ha aplicado a los datos de "Ancho de Hoja día 56" con el objetivo de determinar si hay diferencias significativas entre los tratamientos.

En este caso, el CV es de 2,04, lo que indica que la variabilidad del ancho de hoja es del 2,04% en relación con la media.

- Modelo: La suma de cuadrados (SC) del modelo es de 1,56, con 10 grados de libertad (gl). El cuadrado medio (CM) es 0,16. El valor de F es 3,61 y el p-valor asociado es 0,0110. Esto indica que el modelo es estadísticamente significativo y explica una cantidad significativa de variabilidad en el ancho de hoja.
- Tratamientos: La SC de los tratamientos es de 1,47, con 8 gl. El CM es 0,18. El valor de F es 4,24 y el p-valor asociado es 0,0068. Esto indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos del ancho de hoja.
- Repetición: La SC de la repetición es de 0,10, con 2 gl. El CM es 0,05. El valor de F es 1,10 y el p-valor asociado es 0,3557. Esto indica que no hay diferencias significativas entre las repeticiones en términos del ancho de hoja.
- Error: La SC del error es de 0,69. El error estándar (E.E.) es 0,0432.

Se presentan las medias de los tratamientos y las letras asociadas a cada media. Las medias con una letra común no son significativamente diferentes entre sí ($p > 0,05$). Las letras A, B, C y D se utilizan para indicar las diferencias significativas entre los tratamientos. Por ejemplo, los tratamientos T9, T2 y T1 tienen la letra A en común, lo que significa que no hay diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, hay diferencias significativas entre estos tratamientos y los tratamientos que tienen las

letras B, C o D asociadas.

Porcentaje de plantas con panoja día 56 (%). En la tabla 4 y anexo 12 se presentan los resultados del ANOVA, desglosando la variabilidad en diferentes fuentes:

- Modelo: La variabilidad explicada por el modelo es 3,04 con 10 grados de libertad (gl) y un CM (cuadrado medio) de 0,30. El valor de F es 1,17 con un p-valor de 0,3753, lo que sugiere que el modelo no es significativo a un nivel de significancia del 0,05.
- Tratamientos: La variabilidad entre tratamientos es 2,52 con 8 gl y un CM de 0,31. El valor de F es 1,21 con un p-valor de 0,3512, lo que indica que no hay diferencias significativas entre los tratamientos.
- Repetición: La variabilidad debida a la repetición es 0,52 con 2 gl y un CM de 0,26. El valor de F es 1,00 con un p-valor de 0,3897, lo que sugiere que la repetición no tiene un efecto significativo.
- Error: La variabilidad no explicada por el modelo, tratamientos o repetición es 4,15 con 16 gl y un CM de 0,26.

El test de Duncan nos muestra que las medias de los tratamientos T1 a T9 son similares, ya que tienen el mismo valor y comparten la letra "A". El análisis indica que no hay diferencias significativas entre estas medias ($p > 0,05$).

4.2 Interpretación de los resultados

Porcentaje Germinación día 5 (%). Esta es una variable concomitante ya que no está influenciada por el efecto de los biostimulantes, sin embargo, los resultados muestran no haber diferencias significativas entre los tratamientos que comparten las mismas letras, pero el tratamiento T4 es significativamente diferente de los demás tratamientos en términos de sus medias, tiene un porcentaje de germinación más alto de 99,67%.

Martínez Rengel et al., (2021) en su estudio concluyó que la cantidad de semillas sembradas de maíz no será igual a la cantidad de semillas germinadas. Esto debido a que existen varios factores que influyen como: calidad de la semilla, manejo durante

la siembra, condiciones climáticas, condiciones edáficas, ecológicas, etc. Pudiendo concordar con la presente investigación.

Altura de la planta día 19, 41 y 56 (cm). A los 19 DDS los tratamientos T3 y T6 sí muestran diferencias significativas con respecto a los otros tratamientos, alcanzando una altura de la planta a los 19 DDS de 50,05 y 50,09 cm respectivamente. Cabe recordar que esta variable fue sometida sus plantas bajo el efecto de bioestimulante Soil plast 5 cc/l de agua aplicado por vía edáfica el día 10 posterior a la siembra.

A los 41 DDS los resultados indicaron que hay diferencias significativas entre los tratamientos, siendo los tratamientos T6, T7 y T8 los que tienen las medias de altura de planta día 41 más altos, de 124,31, 125,48 y 129,59, respectivamente.

Mientras que a los 56 DDS los tratamientos T8 y T7 presentaron los promedios mas altos con 201,41 y 204,15 cm respectivamente.

Siendo así que para la variable altura de la planta al día 41 y 56 DDS influencio los tratamientos con la siguiente formula:

Como indica Zermeño-González et al., (2015), el uso de biofertilizantes provenientes de algas marinas aplicados al suelo y las hojas de un cultivo de maíz genera un incremento en la cantidad relativa de clorofila y en la velocidad de transporte de electrones, lo que se traduce en un aumento en la altura, diámetro y peso seco de las plantas. Hay que tener presente que el cultivo de maíz fue inoculado al día 10 posterior a la siembra con *A. brasilense* y que podría ser una opción económica y factible para el desarrollo del maíz, esto representa una alternativa productiva que contribuye gradualmente a disminuir el uso de fertilizantes en la agricultura, a la vez que tendría un efecto beneficioso en las propiedades fisicoquímicas del suelo y la rentabilidad del cultivo (García-Olivares et al., 2012).

Así pues, una de las tácticas relevantes en agroecología consiste en emplear formulaciones de biofertilizantes acordes con la etapa fenológica del cultivo, los cuales contribuyen a la captación de macronutrientes como el nitrógeno y a la asimilación de otros nutrientes, como el fósforo, el potasio y otros micronutrientes. Esto puede disminuir los gastos de producción, contribuir al aumento de los rendimientos y promover la sostenibilidad ambiental en los agroecosistemas tropicales.

Diámetro del tallo día 19, 41 y 56 (mm). Para la variable diámetro del tallo al día 19 DDS el tratamiento T3 fue el que alcanzo el promedio más alto con 10,98 mm. Mientras que para el día 41 y 56 DDS el tratamiento T8 fue el que resalto, con 23,00 y 26,52 mm respectivamente.

Según López et al., (2008), el efecto de los microorganismos biostimuladores sobre el desarrollo del maíz dependerá de la disponibilidad de nutrientes del suelo, siendo más efectivas en el suelo de mayor fertilidad, tanto así que en su estudio logro obtener valores en el diámetro de tallo entre 1,95 y 2,08 cm a los 45 días después de la siembra, no encontrándose diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

El uso de bioestimulantes orgánicos en el cultivo de maíz ha dado resultados satisfactorios, ya que al inocularlos por vía edáfica y foliar favorecen la velocidad de toma de nutrientes en las plantas por efecto directo en sus raíces, así como hacer más eficiente la absorción de los mismos.

Largo de la hoja día 41 y 56 (cm). Los valores muestran un beneficio para el largo de la hoja en el tratamiento T8 a los 41 y 56 DDS con 84,07 cm y 89,61 cm respectivamente. Siendo así, García Cabrera et al., (2021) en su estudio sobre diversos tipos de fertilizantes de origen orgánico como químico empleados en el cultivo de Maíz (*Zea Mays*) pudo determinar que los fertilizantes orgánicos alcanzan una longitud de hoja de 101,58 cm a los 130 días posterior a la siembra, lo que permite contar con un incremento en la capacidad fotosintética a su mayor cobertura foliar.

Esta mejora en el desarrollo morfológico del cultivo de maíz se atribuye a la composición química a base de nitratos que permite una mayor absorción de nitrógeno directamente por el cultivo.

Ancho de la hoja día 41 y 56 (cm). En la comparación de diferentes tratamientos respecto al control, se observó que el tratamiento T8 alcanzo 8,77 cm en el ancho de hoja a los 41 DDS, mientras que a los 56 DDS el T4 fue el que presento el valor más alto con 10,53 cm.

Zulueta-Rodríguez et al., (2020), utilizo biofertilizantes a partir de hongos micorrízicos arbusculares y evaluó el ancho de la hoja bandera, pudiendo encontrar un incremento del 28.68% con respecto a las plantas testigos. Este tipo de productos

suponen una opción promisoría para promover el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz en diferentes ambientes a nivel de campo ya que estos biofertilizantes producen fitohormonas reguladoras del crecimiento vegetal conllevando a un incremento significativo en la formación de raíz, tallo y hojas.

Porcentaje de plantas con panoja día 56 (%). Para esta variable no se encontraron diferencias significativas a los 56 días posterior a la siembra ya que a este periodo su totalidad de plantas se encontraban en floración. Hay que considerar que existen híbridos de maíz muy precoces y que dependiendo de la cantidad de horas luz recibida pueden adelantar la expulsión de su flor masculina óptima para la polinización.

El nitrógeno contenido en los biofertilizantes, es uno de los elementos más cruciales para el desarrollo de las plantas, tanto el H₂O como el N deben estar adecuadamente suministrados en cantidad e instante oportuno para garantizar un estado fisiológico óptimo durante la floración, lo que implicaría futuros rendimientos (Khaliq et al., 2009).

CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

La utilización de bioestimulantes orgánicos incita el crecimiento y desarrollo de la planta de maíz contribuyendo al máximo potencial de su desarrollo vegetativo hasta los 56 días posterior a la siembra en el híbrido EMBLEMA 777. En la aplicación de dichos bioestimulantes, se observó una mejora en las características morfológica de la planta como (Altura de la planta día, diámetro del tallo, largo de la hoja, ancho de la hoja y floración). Técnicamente, las respuestas más favorables se observaron en los bioestimulantes (T3, T4, T6, T7 y T8). Respecto a la variable Altura de la planta, los tratamientos que tuvieron una mejor respuesta fueron T6, T7 y T8; Para la variable Diámetro del tallo, los tratamientos que tuvieron una mejor respuesta fueron T3 y T8; En la variable Largo de la hoja, el tratamiento que tuvo la mejor respuesta fue el T8; Mientras que, en la variable Ancho de hoja, los tratamientos que tuvieron una mejor respuesta fueron T4 y T8. En este sentido, los bioestimulantes orgánicos foliares y edáficos se perfilan como una opción alternativa para complementar la fertilización y aumentar el desarrollo vegetativo en el cultivo de maíz gracias a su contenido de macro, micro nutrientes, aminoácidos y su contenido de fitohormonas.

5.2 Recomendaciones

El uso de bioestimulantes orgánicos por vía edáfica y foliar ha demostrado incitar el crecimiento y desarrollo de la planta de maíz, contribuyendo al máximo potencial de su desarrollo vegetativo hasta los 56 días posterior a la siembra en el híbrido EMBLEMA 777. A partir de esta conclusión, se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- ✓ Seleccionar bioestimulantes orgánicos foliares y edáficos observando su composición de macro y micronutrientes, aminoácidos y fitohormonas, ya que estos componentes han demostrado ser beneficiosos para el desarrollo vegetativo del maíz.
- ✓ Es aconsejable aplicar los bioestimulantes en momentos clave del ciclo de

crecimiento del maíz según su etapa fenológica, dando prioridad a las etapas tempranas de desarrollo, para obtener los mejores resultados en la mejora de las características morfológicas de la planta, como la altura, diámetro del tallo, largo y ancho de la hoja, y floración.

- ✓ Se debe prestar especial atención a los bioestimulantes comerciales identificados como T3, T4, T6, T7 y T8, ya que se ha observado que esta combinación genera respuestas más favorables en el desarrollo vegetativo del maíz.
- ✓ Los bioestimulantes orgánicos foliares y edáficos se presentan como una opción alternativa para complementar la fertilización del cultivo de maíz, lo que puede contribuir a un aumento en el desarrollo vegetativo gracias a su contenido de nutrientes y fitohormonas. Para esto es importante conocer las condiciones edafoclimáticas del suelo donde se establecerá el cultivo.
- ✓ Considerar la aplicación de bacterias beneficiosas en los cultivos, ya que se ha demostrado que estas pueden aportar nutrientes, incrementar la eficiencia en el uso de los nutrientes, inducir resistencia a enfermedades y mejorar la morfogénesis de la planta, lo que puede ser beneficioso para el maíz.
- ✓ Se sugiere explorar tecnologías prometedoras, como la aplicación de algas marinas y el uso de reguladores del crecimiento vegetal endógeno, que han mostrado resultados favorables en la mejora del crecimiento y desarrollo de las plantas.
- ✓ Es importante ofrecer cuidados específicos para el cultivo en sus primeras etapas de crecimiento, lo que puede incluir la aplicación de bioestimulación foliar para ayudar a la planta a hacer frente a posibles desafíos.

Bibliografía

1. Analuisa, I. A., del Río, J. A. J., Fernández-Gallardo, J. A., y Vergara-Romero, A. (2023). La cadena de valor del maíz amarillo duro ecuatoriano. Retos y oportunidades. *Lecturas de Economía*, (98), 231-262. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n98a347315>
2. Ariza Flores, R., Barrios Ayala, A., Herrera García, M., Barbosa Moreno, F., Michel Aceves, A., Otero Sánchez, M. A., y Alia Tejacal, I. (2015). Fitohormonas y bioestimulantes para la floración, producción y calidad de lima mexicana de invierno. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(7), 1653-1666. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000700018&lng=es&nm=iso
3. Blanco-Valdes, Y., Cartaya-Rubio, O. E., Castro-Lizazo, I., y Espina-Nápoles, M. (2021). Efecto de la aplicación de un bioproducto en etapas tempranas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 42(4). <http://ref.scielo.org/hnqqt>
4. Blanco-Valdes, Y., Cartaya-Rubio, O. E., y Espina-Nápoles, M. (2022). Efecto de diferentes formas de aplicación del Quitomax® en el crecimiento del maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 47246-47246. <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.47246>
5. Benalcazar, D. A., y Fernández, P. A. R. (2020). Producción sostenible de pepino (*cucumis sativus* L.) con la aplicación de bioestimulantes foliares en casa de cultivo protegido. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes*, 10(2), 17-25. http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion_y_saberes/article/view/106
6. Carranza-Patiño, M., Contreras-Mora, M., Macias-Leon, M., Pincay-Pin, P., Rendón-Margallón, E., y Robinson, H. F. (2023). Uso de los pesticidas y su efecto en el cultivo de *Zea mays*: Una revisión de la literatura. *Código Científico Revista de Investigación*, 4(E2), 1258-1286. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v4/nE2/219>
7. Chávez, J. C., Bravo, K. Z., Delgado, D. L., García, G. C., y Gallo, F. M. (2023). Calidad fisiológica y crecimiento temprano de plántulas de maíz en función de dosis y tiempos de remojo de semillas en bioestimulante. *South Sustainability*, 4(1), e076-e076. <https://doi.org/10.21142/SS-0401-2023-e076>
8. Choez, J. C. C., y Bacusoy, A. R. F. (2023). Impacto ambiental de los plaguicidas utilizados en el cultivo de maíz (*zea mays* L.) en la comuna Sancán. *Dominio de las Ciencias*, 9(2), 675-687. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3306>
9. Contreras, R. L. G., Durón, S. A. G., Duarte, R. M., Carvajal, A. L., y Contreras, F. R. (2012). Respuesta de la polinización artificial y de un bioestimulante en la

productividad del olivo bajo condiciones desérticas de Sonora. *Biotecnía*, 14(3), 39-44. <https://doi.org/10.18633/bt.v14i3.128>

10. Cock, L. S., García, C. A., y Hernández, L. J. V. (2011). Biofertilización, una alternativa al uso de fertilizantes químicos en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). *Alimentos Hoy*, 20(24), 69-82. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/18>
11. Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2020). Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
12. Daur, I., y Bakhshwain, A. A. (2013). Effect of humic acid on growth and quality of maize fodder production. *Pak. J. Bot*, 45(S1), 21-25. [https://www.academia.edu/download/33531929/lhsanullah Bakhshwain.p df](https://www.academia.edu/download/33531929/lhsanullah_Bakhshwain.p df)
13. Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., y González González, M. (2021). Potencial de las macroalgas marinas como bioestimulantes en la producción agrícola de Cuba. *Centro Agrícola*, 48(3), 81-92. <http://ref.scielo.org/s7hg4c>
14. Garcia Cabrera, J. M., Castro Piguave, C. A., y Moreno Mera, G. M. (2021). Estudio de la fertilización química y orgánica y su efecto en el cultivo de Maíz (*Zea mays*.), en una comuna. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(14), 145-152. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.105>
15. García-Olivares, J. G., Mendoza-Herrera, A., y Mayek-Pérez, N. (2012). Efecto de *Azospirillum brasilense* en el rendimiento del maíz en el norte de Tamaulipas, México. *Universidad y ciencia*, 28(1), 79-84. <https://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v28n1/v28n1a8.pdf>
16. Gironella, J. S., Oliveras, R. S., Bolibar, J. F., Ribas, E., y Borrell, J. R. (2023). Bioestimulantes para aplicar en vegetación y contribuir a la nutrición nitrogenada del maíz. *Vida rural*, (535), 24-26. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9038439>
17. González-Rodríguez, J. C., Torres-Rodríguez, J. A., Reyes-Pérez, J. J., González-Gómez, L. G., Jiménez-Pizarro, M., Boicet-Fabre, T., ... y Ramírez-Arrebato, M. Á. (2018). Respuesta agronómica de dos variedades de maíz blanco (*Zea mays*, L.) a la aplicación de QuitoMax, Azofert y Ecomic. *Biotecnía*, 20(1), 3-7. <https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971085001.pdf>
18. Guevara-Hernández, F., y Mariaca-Méndez, R. (2023). Importancia actual de los maíces locales (*Zea mays* L.): aportes y reflexiones etnobotánicas desde Chiapas, México. *Universidad y Sociedad*, 15(6), 438-445. <http://orcid.org/0000-0001-7562-0018>
19. Héctor-Ardisana, E., Torres-García, A., Fosado-Téllez, O., Peñarrieta-Bravo,

- S., Solórzano-Bravo, J., Jarre-Mendoza, V., ... y Montoya-Bazán, J. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 41(4). <http://ref.scielo.org/9tdx6x>
20. Herrera-Carvajal, L. C., Hernández-Villamizar, D. A., Hoyos-Patiño, J. F., y Balmelli, F. (2022). Efecto del dispositivo Kyminasi Crop Booster en cultivo maíz (Zea mays) granja experimental Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. *Mundo Fesc*, 12(S1), 100-112. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/1097>
21. Khaliq, T., Ahmad, A., Hussain, A., y Ali, M. A. (2009). Maize hybrids response to nitrogen rates at multiple locations in semiarid environment. *Pak. J. Bot*, 41(1), 207-224. [http://pakbs.org/pjbot/PDFs/41\(1\)/PJB41\(1\)207.pdf](http://pakbs.org/pjbot/PDFs/41(1)/PJB41(1)207.pdf)
22. Laines-Canepa, J. R., y Hernández-Hernández, L. (2017). Evaluación del efecto de biofertilizantes y fertilizante químico sobre el crecimiento de USPÍ (Couepia polyandra) y Caracolillo (Ormosia macrocalix). *Journal of Energy, Engineering Optimization and Sustainability*, 1(1), 35-50. <http://revistas.ujat.mx/index.php/JEEOS/article/view/1733>
23. Lazo, J. V., Ascencio, J., Ugarte, J., y Yzaguirre, L. (2014). Efecto del humusbol (humato doble de potasio y fósforo) en el crecimiento del maíz en fase vegetativa. *Bioagro*, 26(3), 143-152. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612014000300002&lng=es&tylng=es
24. López, M., Martínez Viera, R., Brossard Fabrè, M., Bolívar, A., Alfonso, N., Alba, A., y Pereira Abreo, H. (2008). Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos. *Agronomía Tropical*, 58(4), 391-401. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2008000400008&script=sci_arttext
25. López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vázquez, M., y Cabrera-Rodríguez, J. A. (2021). Uso de bioestimulantes en el cultivo del garbanzo. *Cultivos Tropicales*, 42(4). <http://ref.scielo.org/jdfksh>
26. Martínez-Gutiérrez, A., Zamudio-González, B., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Cardoso-Galvão, J. C., y Vázquez-Carrillo, M. G. (2022). Rendimiento de híbridos de maíz en respuesta a la fertilización foliar con bioestimulantes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(2), 289-301. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2782>
27. Martínez-González, L., Maqueira-López, L., Nápoles-García, M. C., y Núñez-Vázquez, M. (2017). Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (Phaseolus vulgaris L.) Biofertilizados. *Cultivos Tropicales*, 38(2), 113-118. <http://ref.scielo.org/5h746x>
28. Martínez Rengel, Á., Torres Cedeño, M., Álvarez Morejon, C., y Renteria

- Valencia, N. (2021). Valoración de experto sobre la germinación de la semilla de maíz. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(15), 34-44. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.127>
29. Matamoros-Quesada, A., Mesén-Sequeira, F., y Jiménez-Alvarado, L. D. (2020). Efecto de fitohormonas y fertilizantes sobre el enraizamiento y crecimiento de mini-estaquillas de híbridos F1 de café (*Coffea arabica*). *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 58-75. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.54-1.4>
30. Mazuela, P., Cepeda, B., y Cubillos, V. (2012). Efecto del injerto y del bioestimulante Fartum® sobre la producción y calidad en tomate cherry. *Idesia (Arica)*, 30(3), 77-81. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292012000300010>
31. Mejías, S. H. (2017). Capacidad de *Trichoderma* spp. como estimulante de la germinación en maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de Gestión del Conocimiento y el Desarrollo Local*, 4(1), 19-23. <https://ojs.edicionescervantes.com/index.php/RGCDL/article/view/898>
32. Méndez-Moreno, O. R. L. A. N. D. O., León-Martínez, N. S., Gutiérrez-Miceli, F. A., Rincón-Rosales, R., y Álvarez-Solís, J. D. (2012). Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento y rendimiento de grano del cultivo de maíz. *Gayana Bot*, 69, 49-54.
33. Morales, J., Peris, P., Martín-García, R., Rodríguez-Carretero, I., Pérez-Piqueres, A., y Quinones, A. (2023). Uso de nuevos agronutrientes y bioestimulantes en cítricos (I). *Vida Rural*, (535), 18-33. <https://redivia.gva.es/handle/20.500.11939/8675>
34. Morejón-Rivera, R., Díaz-Solís, S. H., y Castillo, A. M. (2021). Influencia de los bioestimulantes Biobras-16® y QuitoMax® en dos genotipos de arroz. *Cultivos Tropicales*, 42(4). <http://ref.scielo.org/x7q69n>
35. Murillo-Cuevas, F. D., Cabrera-Mireles, H., Adame-García, J., Vásquez-Hernández, A., Martínez-García, A. D. J., y Moctezuma, R. L. (2021). Bioestimulantes en la calidad de frutos de chile habanero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(8), 1473-1481. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2900>
36. Nabti, E., Jha, B., y Hartmann, A. (2017). Impact of seaweeds on agricultural crop production as biofertilizer. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14, 1119-1134. <https://doi.org/10.1007/s13762-016-1202-1>
37. Noda, Y. (2009). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y forrajes*, 32(2), 1-1. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942013000200004yscript=sci_arttext
38. Ortega, I. S. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *Reduca (Biología)*, 7(2). 151-171. <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/1739>

39. Ortiz, A. A., Quintana, L. A., y Scholz, R. F. (2023). Fertilización del maíz (*Zea mays* L.) sembrado en época alternativa con diferentes fuentes de nitrógeno en el sur de Paraguay. *Revista Científica de la UCSA*, 10(3), 16-22. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2023.010.03.016>
40. Pérez, R. D. A., Tenemaza, R. V. O., Brito, J. D., Medina, C. A. B., Roja, J. L. A., Guerra, Y. R., ... y Almeida, J. F. (2020). Desarrollo productivo de dos variedades locales de maíz (*Zea mays* L.) con la aplicación de fertilizante mineral y orgánico en la Amazonía Ecuatoriana. *Revista Ciencia y Tecnología*, 13(1), 9-16. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7563009>
41. Quimis, L. T. C., Morán, J. L. P., y Cañarte, C. Y. M. (2021). Comercialización de maíz. Realidad de las familias del recinto San Vicente del cantón Jipijapa. *Revista publicando*, 8(31), 448-457. <https://doi.org/10.51528/rp.vol8.id2262>
42. Quintero Rodríguez, E., Calero Hurtado, A., Pérez Díaz, Y., y Enríquez Gómez, L. (2018). Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. *Centro Agrícola*, 45(3), 73-80. <http://ref.scielo.org/y74sdq>
43. Rasaei, B., Ghobadi, M. E., Ghobadi, M., y Najaphy, A. (2013). Reducing effects of drought stress by application of humic acid, mycorrhiza and Rhizobium on chickpea. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, 5(16), 1775-1778. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133304333>
44. Rodríguez, J. H. V., Landin, W. E. C., Carreño, D. D. L. Á. C., Galarza, F. A. E., Herrera, G. M. I., Cárdenas, A. D. R. B., y Orozco, J. C. D. (2020). Efecto de 3 formas de fertilización en cultivo de Maíz variedad DAS 3383, La Troncal-Ecuador. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 12(1), e750-e750. <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n1.2020.750>
45. Romagna, I. S., Junges, E., Karsburg, P., y Pinto, S. D. Q. (2019). Bioestimulantes em sementes de olerícolas submetidos a testes de germinação e vigor. *Scientia Plena*, 15(10). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.100201>
46. Sánchez Olaya, D. M., Rodríguez Pérez, W., Castro Rojas, D. F., y Trujillo Trujillo, E. (2019). Respuesta agronómica de mucilago de cacao (*Theobroma cacao* L.) en cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia en desarrollo*, 10(2), 43-58. <https://doi.org/10.19053/01217488.v10.n2.2019.7958>
47. Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., y Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4, 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>
48. Vásquez, G. E. G., Sánchez, A. R. Á., y Cajo, D. J. Y. (2023). Efecto agronómico y productivo de la biofertilización a base de microalgas *Chaetoceros gracilis* y *Chlorella vulgaris* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Pueblo Viejo,

49. Vera Rodríguez, J., Cepeda Landin, W., Espejo Galarza, F., Balón Cárdenas, A., Inga Herrera, G., Balón Cárdenas, A., Granda Correa, J., y Delgado Orozco, J. (2020). Comparación de 2 formas de fertilización en cultivo de maíz variedad DK 7500, La Troncal-Ecuador. *Ciencia E Interculturalidad*, 26(01), 163-173.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5377/rci.v26i01.9892>
50. Villegas-Espinoza, J. A., Reyes-Pérez, J. J., Nieto-Garibay, A., Ruiz-Espinoza, F. H., Cruz-Falcón, A., y Murillo-Amador, B. (2018). Bioestimulante Liplant®: su efecto en *Solanum lycopersicum* (L.) cultivado en suelos ligeramente salinos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(SPE20), 4137-4147.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i20.985>
51. Yanez, P. B., Ríos, J. G., Sandoval, B. F., y Cossio, F. G. (1998). Cobertura vegetativa y fertilización nitrogenada en la producción de maíz. *Terra latinoamericana*, 16(3), 231-237.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57316306>
52. Zermeño-González, Alejandro, Cárdenas-Palomo, José Omar, Ramírez-Rodríguez, Homero, Benavides-Mendoza, Adalberto, Cadena-Zapata, Martín, y Campos-Magaña, Santos Gabriel. (2015). Fertilización biológica del cultivo de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(12), 2399-2408.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttextpid=S2007-09342015001002399yIng=esytlng=es
53. Zulueta-Rodríguez, R., Gómez-Merino, F. C., Alemán-Chávez, I., Núñez-Camargo, M. D. C., y Lara-Capistrán, L. (2020). Respuesta del cultivo de maíz a la bio-inoculación y fertilización química reducida en campo. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 597-612. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.656>
54. Zúñiga, W. W. B., y Rocel, D. O. P. (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*, 7(2), 8928-8950. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.6005

Anexos







Anexo 1. ANOVA Porcentaje de Germinación día 5.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje de Germinación	27	0,48	0,16	2,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	95,56	10	9,56	1,48	0,2327
Tratamientos	79,33	8	9,92	1,54	0,2202
Repetición	16,22	2	8,11	1,26	0,3107
Error	103,11	16	6,44		
Total	198,67	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 6,4444 gl: 16

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1	93,67	3	1,47	A
T8	94,33	3	1,47	A
T2	96,33	3	1,47	A B
T7	97,00	3	1,47	A B
T6	97,33	3	1,47	A B
T9	97,33	3	1,47	A B
T5	97,67	3	1,47	A B
T3	97,67	3	1,47	A B
T4	99,67	3	1,47	B

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

Anexo 2. ANOVA Altura de planta día 19 (cm).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de planta día 19(cm)	27	0,57	0,29	5,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	160,31	10	16,03	2,09	0,0915
Tratamientos	133,16	8	16,64	2,17	0,0895
Repetición	27,15	2	13,58	1,77	0,2026
Error	122,92	16	7,68		
Total	283,23	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 7,6827 gl: 16

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4	44,48	3	1,60	A
T9	45,07	3	1,60	A B
T5	45,28	3	1,60	A B
T2	45,28	3	1,60	A B
T1	47,52	3	1,60	A B
T7	49,22	3	1,60	A B
T8	49,35	3	1,60	A B
T3	50,05	3	1,60	B
T6	50,09	3	1,60	B

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

Anexo 3. ANOVA Altura de planta día 41 (cm).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de planta día 41	27	0,87	0,79	2,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	961,25	10	96,12	10,93	<0,0001
Tratamientos	936,96	8	117,12	13,31	<0,0001
Repetición	24,29	2	12,15	1,38	0,2798
Error	140,76	16	8,80		
Total	1102,01	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 8,7977 gl: 16

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1	111,06	3	1,71	A
T2	111,07	3	1,71	A
T3	117,56	3	1,71	B
T5	117,89	3	1,71	B
T4	118,07	3	1,71	B
T9	118,35	3	1,71	B
T6	124,31	3	1,71	C
T7	125,48	3	1,71	C
T8	129,59	3	1,71	C

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

Anexo 4. ANOVA Altura de planta día 56 (cm).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de la planta día 56..	27	0,94	0,90	2,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4251,29	10	425,13	25,25	<0,0001
Tratamientos	4150,53	8	518,82	30,81	<0,0001
Repetición	100,76	2	50,38	2,99	0,0787
Error	269,42	16	16,84		
Total	4520,71	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 16,8386 gl: 16

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T2	168,48	3	2,37	A
T1	169,41	3	2,37	A
T3	174,96	3	2,37	A B
T4	178,85	3	2,37	B
T5	180,74	3	2,37	B
T9	188,85	3	2,37	C
T6	192,96	3	2,37	C
T8	201,41	3	2,37	D
T7	204,15	3	2,37	D

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

Anexo 5. ANOVA Diámetro del tallo día 19 (mm).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Diámetro del tallo día 19	27	0,59	0,33	12,37	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26,69	10	2,67	2,26	0,0710
Tratamientos	24,50	8	3,06	2,59	0,0502
Repetición	2,19	2	1,10	0,93	0,4162
Error	18,93	16	1,18		
Total	45,62	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,1832 gl: 16

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T9	7,70	3	0,63 A
T2	7,93	3	0,63 A
T1	8,15	3	0,63 A
T4	8,26	3	0,63 A
T5	8,52	3	0,63 A
T8	8,85	3	0,63 A
T6	9,33	3	0,63 A B
T7	9,41	3	0,63 A B
T3	10,98	3	0,63 B

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

Anexo 6. ANOVA Diámetro del tallo día 41 (mm).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Diámetro del tallo día 41	27	0,57	0,31	3,35	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,66	10	1,17	2,16	0,0818
Tratamientos	11,48	8	1,43	2,66	0,0456
Repetición	0,18	2	0,09	0,16	0,8498
Error	8,63	16	0,54		
Total	20,29	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,5395 gl: 16

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T5	20,96	3	0,42 A
T9	21,33	3	0,42 A B
T2	21,41	3	0,42 A B
T1	21,59	3	0,42 A B C
T3	21,63	3	0,42 A B C
T7	22,22	3	0,42 A B C
T4	22,55	3	0,42 B C
T6	22,59	3	0,42 B C
T8	23,00	3	0,42 C

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

Anexo 7. ANOVA Diámetro del tallo día 56 (mm).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro del tallo día 56	27	0,64	0,41	3,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25,11	10	2,51	2,81	0,0317
Tratamientos	24,60	8	3,07	3,45	0,0168
Repetición	0,51	2	0,25	0,28	0,7568
Error	14,27	16	0,89		
Total	39,38	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,8919 gl: 16

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T5	23,33	3	0,55	A
T3	23,56	3	0,55	A
T9	24,04	3	0,55	A B
T1	24,37	3	0,55	A B
T2	24,37	3	0,55	A B
T4	24,45	3	0,55	A B
T6	24,56	3	0,55	A B
T7	25,78	3	0,55	B C
T8	26,52	3	0,55	C

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

Anexo 8. ANOVA Largo de hoja día 41 (cm).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LARGO DE HOJA 41 DIAS	27	0,82	0,70	2,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	184,71	10	18,47	7,13	0,0003
Tratamientos	178,04	8	22,25	8,59	0,0002
Repetición	6,67	2	3,34	1,29	0,3029
Error	41,44	16	2,59		
Total	226,15	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 2,5900 gl: 16

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T2	76,04	3	0,93	A
T1	76,38	3	0,93	A
T5	77,00	3	0,93	A
T4	77,76	3	0,93	A B
T3	79,07	3	0,93	A B
T9	80,03	3	0,93	B C
T7	80,09	3	0,93	B C
T6	82,24	3	0,93	C D
T8	84,07	3	0,93	D

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

Anexo 9. ANOVA Largo de hoja día 56 (cm).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Largo de hoja día 56	27	0,61	0,37	3,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	176,83	10	17,68	2,55	0,0458
Tratamientos	153,95	8	19,24	2,78	0,0390
Repeticion	22,88	2	11,44	1,65	0,2227
Error	110,80	16	6,92		
Total	287,63	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 6,9248 gl: 16

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T6	80,48	3	1,52 A
T3	85,30	3	1,52 B
T7	86,25	3	1,52 B
T2	86,32	3	1,52 B
T1	86,34	3	1,52 B
T9	86,72	3	1,52 B
T5	86,76	3	1,52 B
T4	88,55	3	1,52 B
T8	89,61	3	1,52 B

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

Anexo 10. ANOVA Ancho de hoja día 41 (cm).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ANCHO DE HOJA 41 DIAS	27	0,73	0,56	3,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,93	10	0,29	4,31	0,0048
Tratamientos	2,70	8	0,34	4,96	0,0032
Repeticion	0,23	2	0,12	1,72	0,2105
Error	1,09	16	0,07		
Total	4,02	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0680 gl: 16

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T1	7,70	3	0,15 A
T2	7,95	3	0,15 A B
T9	7,96	3	0,15 A B
T5	8,16	3	0,15 A B C
T4	8,37	3	0,15 B C D
T3	8,40	3	0,15 B C D
T7	8,46	3	0,15 C D
T6	8,52	3	0,15 C D
T8	8,77	3	0,15 D

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

Anexo 11. ANOVA Ancho de hoja día 56 (cm).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ancho de Hoja día 56	27	0,69	0,50	2,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,56	10	0,16	3,61	0,0110
Tratamientos	1,47	8	0,18	4,24	0,0068
Repeticion	0,10	2	0,05	1,10	0,3557
Error	0,69	16	0,04		
Total	2,25	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0432 gl: 16

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T9	9,71	3	0,12 A
T2	10,04	3	0,12 A B
T1	10,07	3	0,12 A B C
T6	10,12	3	0,12 B C
T3	10,19	3	0,12 B C D
T7	10,19	3	0,12 B C D
T5	10,37	3	0,12 B C D
T8	10,44	3	0,12 C D
T4	10,53	3	0,12 D

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

Anexo 12. ANOVA Porcentaje de plantas con panoja día 56 (%).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% plantas con panoja día 5..	27	0,42	0,06	0,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,04	10	0,30	1,17	0,3753
Tratamientos	2,52	8	0,31	1,21	0,3512
Repeticion	0,52	2	0,26	1,00	0,3897
Error	4,15	16	0,26		
Total	7,19	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,2593 gl: 16

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T9	99,33	3	0,29 A
T2	99,33	3	0,29 A
T1	99,33	3	0,29 A
T3	99,67	3	0,29 A
T7	100,00	3	0,29 A
T8	100,00	3	0,29 A
T4	100,00	3	0,29 A
T5	100,00	3	0,29 A
T6	100,00	3	0,29 A

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

Característica de los productos

FERTIESTIM	
NOMBRE COMUN	Fertilizante foliar y Bioestimulante
NOMBRE COMERCIAL	Fertiestim
COMPOSICION	Nitrógeno (N) 7,20% Fosforo (P2O5) 4,80% Potasio (K2O)3,60% Azufre (S)1,20% Zinc (Zn) 0,72% Hierro (Fe)0,43% Manganeso (Mn)0,36% Cobre (Cu) 0,33% Boro (B) 0,024% Cobalto (Co) 0,018% Molibdeno(Mo) 0,01%
TIPO DE FORMULACION	Liquido soluble (LS)
ASPECTO FISICO	Liquido espeso color café

FERTIQUEL ZINC	
NOMBRE COMUN	Fertilizante foliar
NOMBRE COMERCIAL	Fertiquel zinc plus
COMPOCISION	Zinc (Zn) 16%
TIPO DE FORMULACION	Liquido soluble (LS)
ASPECTO FISICO	Liquido color café

FERTIQUEL MAGNESIO	
NOMBRE COMUN	Fertilizante foliar
NOMBRE COMERCIAL	Fertiquel Magnesio plus
COMPOCISION	Magnesio (Mg) 14 %
TIPO DE FORMULACION	Liquido soluble (LS)
ASPECTO FISICO	Liquido color café

FERTIQUEL POTASIO	
NOMBRE COMUN	Fertilizante foliar
NOMBRE COMERCIAL	Fertiquel potasio plus
COMPOCISION	Potasio (P2O5) 38%
TIPO DE FORMULACION	Liquido soluble (LS)
ASPECTO FISICO	Liquido color café

FERTIQUEL NPK	
NOMBRE COMUN	Fertilizante foliar

NOMBRE COMERCIAL	Fertiquel NPK plus
COMPOCISION	Nitrogeno (N) 5% - Fosforo (P2O5) 24% - Potasio (K2O) 24%
TIPO DE FORMULACION	Liquido soluble (LS)
ASPECTO FISICO	Liquido color café

FERTIQUEL MIX	
NOMBRE COMUN	Fertilizante foliar
NOMBRE COMERCIAL	Fertiquel Mix plus
COMPOCISION	Nitrogeno (N) 5%- Magnesio (MgO) 2%- Calcio (CaO) 1.7%- Zinc(Zn) 0.60%- Hierro (Fe) 0.60% Cobre (Cu)0.60%- Manganeseo (Mn) 0.60%- Boro (B)0.30- Cobalto (Co)0.30%
TIPO DE FORMULACION	Liquido soluble (LS)
ASPECTO FISICO	Liquido color café

FERTIZAKELP	
NOMBRE COMUN	Bioestimulante foliar
NOMBRE COMERCIAL	Fertizakelp
COMPOCISION	Nitrogeno prot (N) 2.08mg/lt – Nitrogeno tot (N) 0.31mg/lt – Fosforo (P2O5) 6400 mg/lt - Potasio (K2O) 200 mg/lt – Auxinas 11mg/lt – Citoquininas 0.031 mg/lt
TIPO DE FORMULACION	Liquido soluble (LS)
ASPECTO FISICO	Liquido color Verde claro

FORTALEZA PLUS	
NOMBRE COMUN	Fertilizante Inorgánico ternario
NOMBRE COMERCIAL	Fortaleza plus
COMPOCISION	Nitrógeno ureico 3.45% p/v Nitrógeno nítrico 2.12% p/v Nitrógeno amoniacal 1.43% p/v Fosforo (P2O5) 7% p/v Potasio (K2O) 7% p/v
TIPO DE FORMULACION	Liquido soluble (LS)
ASPECTO FISICO	Liquido

FORTALEZA ZINC	
NOMBRE COMUN	Fertilizante foliar

NOMBRE COMERCIAL	Fortaleza Zinc
COMPOSICION	Magnesio (Zinc) % p/v
TIPO DE FORMULACION	Liquido soluble (LS)
ASPECTO FISICO	Liquido

FORTALEZA MAGNESIO	
NOMBRE COMUN	Fertilizante foliar
NOMBRE COMERCIAL	Fortaleza Magnesio
COMPOSICION	Magnesio (MgO) 14% p/v
TIPO DE FORMULACION	Liquido soluble (LS)
ASPECTO FISICO	Liquido

FORTALEZA POTASIO	
NOMBRE COMUN	Fertilizante foliar
NOMBRE COMERCIAL	Fortaleza Potasio
COMPOSICION	Potasio (K ₂ O) 10% p/v
TIPO DE FORMULACION	Liquido soluble (LS)
ASPECTO FISICO	Liquido

UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

¡Evolución académica!

@UNEMIEcuador

