



Evaluación del impacto de la aplicación de cuatro insumos con efecto bioestimulante
aplicado al sistema radicular del cacao

Basurto Castillo, Luis Isaac y Cedillo Torres, David Gustavo

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Vaca Pazmiño, Eduardo Patricio Mgs

18 de febrero del 2026

Reporte de verificación de contenido


CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Tesis-Bazurto_Cedillo_Plagio

8%
Textos sospechosos

2% Similitudes
0 % similitudes entre comillas
0 % entre las fuentes mencionadas
1% Idiomas no reconocidos
4% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Tesis-Bazurto_Cedillo_Plagio.pdf
ID del documento: 1f9e4bf685fab5fcfb62621673c2d4657b9226fb
Tamaño del documento original: 1,12 MB

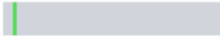
Depositante: LEONARDO RAFAEL JACOME GOMEZ
Fecha de depósito: 20/2/2026
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 20/2/2026

Número de palabras: 7773
Número de caracteres: 49.656

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 repositorio.espe.edu.ec https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/32376/T-ESPESD-003213.pdf?s...	1%		Palabras idénticas: 1% (105 palabras)
2	 Documento de otro usuario #1c5666 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
3	 Documento de otro usuario #35f49d Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)

Firma

Ing. Vaca Pazmiño Eduardo Patricio Mgs.

CC: 1802127355

Tutor



Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Evaluación del impacto de la aplicación de cuatro insumos con efecto bioestimulante aplicado al sistema radicular del cacao**. Fue realizado por **Basurto Castillo Luis Isaac y Cedillo Torres David Gustavo**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 18 de febrero del 2026

Firma

Ing. Vaca Pazmiño Eduardo Patricio Mgs.

CC: 1802127355



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

4

Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de contenido

Nosotros, **Basurto Castillo Luis Isaac**, con cédula de ciudadanía N° **0804022937** y **Cedillo Torres David Gustavo**, con cédula de ciudadanía N° **2300330962** declaro/declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Evaluación del impacto de la aplicación de cuatro insumos con efecto bioestimulante aplicado al sistema radicular del cacao**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 18 de febrero del 2026

Firma

Basurto Castillo Luis Isaac

C.C: 0804022937

Firma

Cedillo Torres David Gustavo

C.C: 2300330962



Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de publicación

Nosotros **Basurto Castillo Luis Isaac**, con cédula de ciudadanía N° 0804022937 y **Cedillo Torres David Gustavo**, con cédula de ciudadanía N° 2300330962, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación del impacto de la aplicación de cuatro insumos con efecto bioestimulante aplicado al sistema radicular del cacao.**

Santo Domingo de los Tsáchilas, 18 de febrero del 2026

Firma

Basurto Castillo Luis Isaac

C.C: 0804022937

Firma

Cedillo Torres David Gustavo

C.C: 2300330962

Dedicatoria

Primeramente, a Dios, por brindarme la sabiduría, fortaleza y perseverancia en todo momento de mi vida, por guiar siempre cada uno de mis pasos y concederme culminar esta etapa trascendental de mi formación profesional.

A mi familia, especialmente a mis padres y hermanos/as, por ser el pilar que sostuvo mi esfuerzo y mi motivación durante todo este camino universitario. Su amor, comprensión y palabras de aliento fueron fundamentales para seguir adelante en los momentos de mayor exigencia.

De manera muy especial, a mi pareja, por su paciencia, apoyo y comprensión incondicional, y a mi hija, quien se convirtió en mi mayor inspiración y en la razón más profunda para perseverar y culminar esta etapa.

A mi director de tesis, Ing. Patricio Vaca, por su valiosa orientación académica, su compromiso, ética profesional y disposición constante para compartir sus conocimientos. Su acompañamiento riguroso y oportuno fue determinante para el adecuado desarrollo de esta investigación.

Asimismo, a la empresa PDQ Quinindé, por el apoyo brindado mediante la beca otorgada, que hizo posible la continuidad y culminación de mis estudios superiores, demostrando su compromiso con la educación y el desarrollo profesional.

Finalmente, a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Sede Santo Domingo, por brindarme una formación integral y de excelencia, que me permitió formarme como Ingeniero Agropecuario con sólidos valores profesionales y humanos.

Basurto Castillo Luis Isaac

Agradecimiento

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, por brindarme la fortaleza y perseverancia necesarias para culminar con éxito esta etapa de mi formación académica y profesional.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Sede Santo Domingo, por la formación integral recibida y los conocimientos adquiridos para mi desarrollo profesional.

Mi especial gratitud a mi director de tesis, Ing. Patricio Vaca, por su orientación y acompañamiento durante esta investigación, así como a la empresa PDQ Quinindé por el apoyo brindado mediante la beca otorgada.

A mis padres, Eladio Basurto y Angelica Castillo, por su ejemplo, valores y apoyo incondicional a lo largo de mi formación universitaria. A mi pareja, Yulexy Murillo, por su comprensión, paciencia y respaldo constante, y a mi hija Melany, quien fue mi mayor inspiración y motivación para seguir adelante y no rendirme ante las dificultades.

A las amistades que formé durante mi trayectoria universitaria: Wagner C., Luis B., Dayana B., Julia A. y Jhoana C., por los momentos compartidos, el apoyo mutuo y el compañerismo que hicieron de esta etapa una experiencia enriquecedora tanto en lo académico como en lo personal.

Finalmente, agradezco de corazón a mi amigo y compañero de tesis, David Cedillo, por su apoyo sincero, compromiso y compañerismo durante todo este proceso. Compartir este camino de esfuerzo y aprendizaje hizo posible superar las dificultades y culminar con éxito este proyecto.

Basurto Castillo Luis Isaac.

Dedicatoria

Primeramente, a Dios, por haberme otorgado la vida, la fortaleza y la sabiduría para culminar esta etapa tan importante de mi formación académica, su guía fue fundamental para conducirme durante todo el proceso.

Dedico infinitamente este trabajo a mi familia, mis padres y a mis hermanos/as por el apoyo incondicional y siempre brindarme el apoyo emocional y económico para poder salir adelante durante toda esta etapa universitaria, sin su guía constante habría sido imposible superar este desafío que implica la realización de este proyecto de integración curricular.

Dedico profundamente a mi director de tesis, Ing. Patricio Vaca, por su valiosa orientación, y por brindarme su experiencia académica con paciencia y compromiso, su acompañamiento fue clave para el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-SD por ser la institución que me abrió las puertas y me brindó el conocimiento y las herramientas necesarias para formarme como ingeniero agropecuario.

Por último, dedico esta tesis a quienes hicieron parte de mi vida y ya no están, porque de alguna u otra manera, también me impulsaron a luchar por todo aquello que quería lograr, porque en su momento creyeron en mí.

Cedillo Torres David Gustavo

Agradecimiento

Este trabajo de investigación se lo agradezco primeramente a Dios que me dio las fuerzas, salud y sabiduría en cada etapa para poder cumplir esta meta planteada la cual es terminar mi carrera universitaria y cumplir mi sueño anhelado.

A mis padres, Manuel Cedillo y Janeth Torres por su amor incondicional, por su sacrificio y esfuerzo infinito, por haberme enseñado el valor del esfuerzo y la perseverancia, por su deseo firme de verme triunfar en la vida.

A mi tutor de tesis, Ing. Patricio Vaca, por su guía, tiempo y enseñanzas tanto a nivel personal y profesional compartidos durante esta etapa universitaria.

A mis compañeros y amigos que fui conociendo en el transcurso desde que inicié los primeros niveles: Leuris O, Joselyn A, Byron G, Tatiana B, Jorge C, Melany V, Steven A, Dylan V, por ser parte fundamental de este logro, sus ocurrencias, risas y consejos hacen que haya disfrutado esta etapa y pueda culminar este proceso.

A mis compañeros y amigos que conocí en los niveles después de la pandemia: Micaela C, Mayron R, Jairo G, Maykel G, Luis Bravo, Wagner C, Paulo B, Lenin C, Richard M, Enrique L, Mateo P, Marcelo M, Anderson V, Gissela C, Renata J, Johana C, Steven V, con quienes compartí buenos recuerdos, prácticas y experiencias, gracias por su amistad sincera, y compañía brindada.

A mi amigo y compañero de tesis Luis Basurto por su amistad sincera, la compañía y el apoyo incondicional brindado durante todo este transcurso de tiempo, sin su ayuda esta meta no sería posible.

Cedillo Torres David Gustavo

Índice de contenidos

Dedicatoria	6
Agradecimiento	9
Resumen	17
Abstract	18
Capítulo I	19
1. Introducción	19
Capítulo II	20
2. Estado del arte	20
Capítulo III	22
3. Objetivos	22
3.1. <i>Objetivo General</i>	22
3.2. Objetivos Específico	22
Capítulo IV	23
4. Marco teórico	23
4.1. El cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) y su importancia agroproductiva	23
4.2. Sistema radicular del cacao y su relevancia en cultivos establecidos	23
4.3. Bioestimulantes agrícolas	24
4.4. Evidencia científica sobre el uso de bioestimulantes en el desarrollo radicular del cacao	25
Capítulo V	27

5.	Metodología	27
5.1.	Ubicación del área de investigación	27
5.1.1.	Ubicación política.....	27
5.1.2.	Ubicación geográfica	27
5.1.3.	Ubicación Ecológica	28
5.1.4.	Materiales de campo	28
5.1.5.	Materiales y equipos de Laboratorio	29
5.1.6.	Equipos	29
5.1.7.	Insumos.....	29
5.2.	Diseño experimental.....	30
5.2.1.	Tratamientos evaluados.....	30
5.3.	Tipo de diseño.....	30
5.4.	Descripción de la unidad experimental de estudio.....	31
5.4.1.	Croquis	32
5.4.2.	Análisis estadístico	32
5.4.3.	Esquema de análisis de variable	32
5.4.4.	Coeficiente de variación.....	33
5.4.5.	Análisis económico	33
5.5.	Métodos específicos del manejo del experimento	33
5.5.1.	Delimitación de parcelas.....	33
5.5.2.	Marcación de plantas de evaluación	34

5.5.3. Podas fitosanitarias	34
5.5.4. Control de malezas.....	34
5.6. Aplicación de los tratamientos.....	34
5.7. Evaluación de los tratamientos evaluados.....	34
5.8. Evaluación de pruebas físicas y químicas del suelo	35
5.8.1. Densidad aparente	35
5.8.2. Densidad real	36
5.8.3. Porosidad	36
5.8.4. pH y conductividad eléctrica	36
5.9. Dosis de los insumos	36
Capítulo VI	38
6. Resultados y discusiones.....	38
6.1. Parámetros físicos y químicos realizados en el laboratorio	38
6.2. Biomasa radicular	39
6.3. Sanidad radicular	43
6.3.1. Raíces sanas.....	43
6.3.2. Raíces ligeramente afectadas.....	47
6.3.3. Raíces severamente afectadas.....	51
6.4. Análisis costo-beneficio	56
6.4.1. Proyección de costos a 1 hectárea	57
Capítulo VII.....	59

7. Conclusiones	59
Capitulo VIII.....	60
8. Recomendaciones	60
Capitulo IX.....	61
9. Bibliografía.....	61

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción de los tratamientos.....	30
Tabla 2 Descripción de la unidad experimental	31
Tabla 3 Modelo de análisis de varianza	32
Tabla 4 Insumos aplicados	36
Tabla 5 Parámetros físicos y químicos.....	38
Tabla 6 Análisis de varianza de la variable de biomasa radicular bajo el efecto de insumos con efecto bioestimulante aplicado al sistema radicular del cacao.....	39
Tabla 7 Análisis de varianza de la variable de sanidad radicular de las raíces sanas bajo el efecto de insumos con efecto bioestimulante aplicado al sistema radicular del cacao.	43
Tabla 8 Análisis de varianza de la variable de sanidad radicular de las raíces ligeramente afectadas bajo el efecto de insumos con efecto bioestimulante aplicado al sistema radicular del cacao.	47
Tabla 9 Análisis de varianza de la variable de sanidad radicular de las raíces severamente afectadas bajo el efecto de insumos con efecto bioestimulante aplicado al sistema radicular del cacao.	51
Tabla 10 Análisis del costo.....	56
Tabla 11 Análisis económico de costos por aplicación de insumos con efecto bioestimulantes aplicado al sistema radicular del cacao proyectado en costo/ha.	57

Índice de figuras

Figura 1 Localización Geográfica De La Investigación.....	28
Figura 2 Croquis de los tratamientos.....	32
Figura 3 Prueba de significancia de la biomasa radicular a los 0 días después de la aplicación de los insumos.	40
Figura 4 Prueba de significancia de la biomasa radicular a los 30 días después de la aplicación de los insumos.	41
Figura 5 Prueba de significancia de la biomasa radicular a los 60 días después de la aplicación de los insumos.	42
Figura 6 Prueba de significancia del peso de las raíces sanas a los 0 días después de la aplicación de los insumos.	44
Figura 7 Prueba de significancia del peso de las raíces sanas a los 30 días después de la aplicación de los insumos.	45
Figura 8 Prueba de significancia del peso de las raíces sanas a los 60 días después de la aplicación de los insumos.	46
Figura 9 Prueba de significancia del peso de las raíces ligeramente afectadas a los 0 días después de la aplicación de los insumos.	48
Figura 10 Prueba de significancia del peso de las raíces ligeramente afectadas a los 30 días después de la aplicación de los insumos.	49
Figura 11 Prueba de significancia del peso de las raíces ligeramente afectadas a los 60 días después de la aplicación de los insumos.	50
Figura 12 Prueba de significancia del peso de las raíces severamente afectadas a los 0 días después de la aplicación de los insumos.	53
Figura 13 Prueba de significancia del peso de las raíces severamente afectadas a los 30 días después de la aplicación de los insumos.	54

Figura 14 Prueba de significancia del peso de las raíces severamente afectadas a los 60 días después de la aplicación de los insumos.	55
--	----

Resumen

La investigación en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) se realizó en la parroquia Valle Hermoso, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, el objetivo fue evaluar el impacto de la aplicación de cuatro insumos con efecto bioestimulante sobre el sistema radicular del cacao en producción, lo cual se realizó vía drench (T2, T3, T4) y un tratamiento vía foliar (T1). Se utilizó un diseño experimental DBCA con cuatro tratamientos, que incluyeron combinaciones de insumos que tenían Calcio (CaO) al 35%, 60%, macronutrientes, micronutrientes, ácido húmico 75% y citoquininas, además de un tratamiento testigo. Los insumos se aplicaron en dos ocasiones durante la fase de campo, a los 30 y 60 días del establecimiento de la línea base que se la hizo para evaluar el estado radicular inicial del cultivo, y para medir en laboratorio parámetros físicos y químicos del suelo e ir monitoreando los efectos de los tratamientos durante el desarrollo de la investigación. Se analizaron variables de biomasa radicular tales como: peso de raíces sanas, raíces ligeramente afectadas y severamente afectadas. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza, lo que permitió identificar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. Los resultados evidenciaron que el uso de bioestimulantes influyeron positivamente en el desarrollo del sistema radicular de la planta, destacándose el tratamiento T2, que presentó el mayor incremento de la biomasa radicular y mejor sanidad de raíces, alcanzando un aumento del 87,6 % en comparación con el testigo (T0), se observaron pocas raíces en mal estado, reflejando la resistencia fisiológica de la planta durante la época seca del año. El análisis económico determinó que el T2 fue el de mejor costo-beneficio, siendo la aplicación de insumos con efecto bioestimulante una alternativa viable, rentable y sostenible para mejorar el desarrollo radicular previo a la aplicación de fertilizantes.

Palabras clave: biomasa radicular en cacao, bioestimulante en cacao, raíz en cacao, desarrollo radicular en cacao, calicatas en cacao.

Abstract

Research on cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivation was conducted in the Valle Hermoso parish, Santo Domingo de los Tsáchilas province, Ecuador. The objective was to evaluate the impact of applying four biostimulant inputs on the cacao root system. A randomized complete block design (RCBD) was used with four treatments, including combinations of **Alcaplant-New, liquid CaCO₃, Solugro, Boron Zinc 10-10, 75% humic acid, and Cytokinin**, in addition to a control treatment. The inputs were applied twice during the field phase, 30 and 60 days after establishing the baseline. This baseline was established to assess the initial root status of the crop and to measure physical and chemical soil parameters in the laboratory, monitoring the effects of the treatments throughout the research. Root biomass variables were analyzed, such as the weight of healthy roots, slightly affected roots, and severely affected roots. The data obtained were subjected to an analysis of variance, which allowed for the identification of statistically significant differences between the evaluated treatments. The results showed that the use of biostimulants positively influenced the development of the plant's root system. Treatment T2 (Alcaplant + Solugro + Boron Zinc 10-10) stood out, exhibiting the greatest increase in root biomass and improved root health, reaching an 87.6% increase compared to the control (T0). Few damaged roots were observed, reflecting the plant's physiological resistance during the dry season. The economic analysis determined that T2 (Alcaplant + Solugro + Boron Zinc 10-10) offered the best cost-benefit ratio, making the application of inputs with a biostimulant effect a viable, profitable, and sustainable alternative for improving root development prior to fertilizer application.

Keywords: Root biomass in cocoa, biostimulant in cocoa, root in cocoa, root development in cocoa, soil pits in cocoa.

Capítulo I

1. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao*) es una fruta tropical, se origina en las riberas del Amazonas (América del sur) y parte de los bosques de Centroamérica. Su reconocimiento a nivel mundial se debe a su relación con las grandes industrias chocolateras de este fruto se obtiene la materia prima (almendras) para elaborar chocolates. (García, 2020).

En Ecuador se cultivan dos variedades de cacao; cacao Granel o común CCN-51 y el cacao Fino de Aroma, Nacional o Sabor Arriba Nacional (CFN, 2021); siendo este último un producto insignia para el Ecuador. El cacao fino representa el 5 % de la producción mundial. La distribución geográfica y los grandes recursos biológicos que posee Ecuador, hacen que sea un país con una zona muy ideal para la producción agrícola generando un aporte del 63 % en cuanto a la producción mundial (Cedeño, 2019).

Los enraizantes en especial aquellos que están basados en auxinas como por ejemplo el Ácido Indolbutírico (AIB), son herramientas fundamentales las cuales, se utilizan para llegar a estimular la formación de las raíces. Por esta razón, en la parte agrícola, se extiende una amplia gama de formulaciones como también concentraciones, ya sean estas tanto sintéticas como de origen biológico o natural, en la cual cuya efectividad va variando significativamente dependiendo prácticamente del genotipo del cacao, o a su vez del método de aplicación y las condiciones ambientales que presente (Béjar, 2023).

Este estudio de evaluación comparativa se justifica por la necesidad de generar conocimiento técnico específico que permita optimizar los protocolos de propagación. La selección del enraizante más eficiente no solo puede reducir los costos de producción y el tiempo, sino que también garantiza la producción, contribuyendo directamente a mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas de cultivo de cacao (Saltos, 2024).

Capítulo II

2. Estado del arte

El control de la calidad de las raíces mediante cateos ofrecerá datos importantes para los agricultores. Por lo cual al tener una comparación que conlleve una gama de diversas alternativas comerciales en cuanto a los enraizantes para este tipo de cultivo será muy beneficiosa para ayudar a lograr progresos basados en pruebas científicas (BELTRÁN, 2021).

Por otra parte, en la investigación realizada por Cáceres et al. (2022) en cuanto a cultivos de cacao especialmente en la parte costera de Ecuador, se llevó a cabo la realización del impacto de bioestimulantes los cuales contienen ácidos húmicos además de extractos de algas en el crecimiento de las raíces. Los hallazgos llegaron a demostrar que éxito aumentos los cuales fueron notables en la cantidad de biomasa de las raíces finas y además de eso demostró una mejora en la capacidad de absorber los nutrientes, esto como tal resaltó que los tratamientos que contienen ácidos húmicos aumentaron provisoriamente la masa radicular hasta un 35 % en comparación con el grupo de control. Por lo tanto, los investigadores llegaron a la finalidad de concluir que los bioestimulantes si promueven procesos hormonales asociados con auxinas, lo cual en general facilita el desarrollo de raíces laterales.

De manera similar, Torres y Ramos (2023), evaluaron la aplicación de calcio y micronutrientes (boro y zinc) en los sistemas de producción de cacao que se han establecido en Santo Domingo de los Tsáchilas. La investigación reveló que la combinación de calcio con estos micronutrientes optimizó la estructura celular de las raíces, lo cual redujo la cantidad de raíces dañadas y elevó el porcentaje de raíces saludables en un 40 % en comparación con el tratamiento que no incluía aplicaciones. Los autores del estudio indicaron que el calcio refuerza las paredes celulares y aumenta la resistencia fisiológica ante el estrés hídrico y los patógenos presentes en el suelo.

Por otra parte, dentro de estudios nuevos del INIAP (2021) sugieren que utilizar productos con características estimulantes durante el periodo del cuidado del cultivo ayuda a poder rejuvenecer las raíces que se encuentren viejas, por lo que genera esto un aumento en la cantidad de raíces que absorben los nutrientes y esto llegara a facilitar que los fertilizantes se aprovechen de mejor manera. Dichos hallazgos concluyen lo primordial que es probar mezclas de artículos a la venta en condiciones reales de cultivo.

En conjunto, los estudios revisados coinciden en que la aplicación estratégica de bioestimulantes, mejoradores orgánicos y micronutrientes logra avances notables en cómo crecen y se mantienen sanas las raíces del cacao. Sin embargo, aún existe limitada información comparativa sobre la efectividad de combinaciones específicas de productos comerciales aplicados en sistemas productivos establecidos, lo cual justifica la presente investigación orientada a evaluar cuatro insumos con efecto bioestimulante bajo condiciones agroecológicas de la parroquia Valle Hermoso (INIAP, 2021).

Capítulo III

3. Objetivos

3.1. *Objetivo General*

Identificar el impacto de la aplicación de cuatro insumos con efecto bioestimulante aplicado al sistema radicular del cacao.

3.2. *Objetivos Específico*

Identificar el estado del sistema radicular de las plantas de cacao mediante la elaboración de calicatas.

Evaluar el efecto de los insumos con efecto bioestimulante en función al estado de las raíces de los diferentes tratamientos a evaluar.

Determinar la relación costo beneficio para analizar el tratamiento más aceptable para el productor.

Capítulo IV

4. Marco teórico

4.1. El cacao (*Theobroma cacao* L.) y su importancia agroproductiva

El origen del cacao se encuentra en la cuenca amazónica y se cultiva en áreas tropicales donde las temperaturas oscilan entre 21 y 32 °C y hay precipitaciones anuales de entre 1,500 y 2,500 mm. Ecuador es conocido por producir cacao de aroma fino, aunque también se cultivan otras variedades como el CCN-51. En la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, el cultivo de cacao juega un papel fundamental en la economía rural, y su rendimiento no solo depende de las condiciones genéticas y climáticas, sino también de una adecuada gestión agronómica. En plantaciones consolidadas, es crucial mantener un sistema de raíces saludable y activo para asegurar la captación de nutrientes y mantener altos niveles de producción a lo largo del tiempo (Cáceres et al., 2024).

Es un árbol que alcanza una altura media de entre 4 y 8 metros. Su fruto es una baya grande conocida como “mazorca”; en su interior se puede encontrar entre 30 y 40 semillas de color marrón rojizo, sus hojas son grandes, alternas y tienen una forma elíptica. Este árbol comienza a producir a partir del segundo año después de haber sido cultivado, alcanzando su mayor producción entre el octavo y décimo año (AMAY, 2023).

4.2. Sistema radicular del cacao y su relevancia en cultivos establecidos

El sistema radicular del cacao está integrado por una raíz principal profunda y varias raíces laterales y secundarias que se disponen en dirección horizontal. En árboles adultos, la habilidad para desarrollar raíces finas y pelos absorbentes resulta crucial para asegurar un flujo constante de agua y nutrientes. Elementos como la compactación del suelo, el envejecimiento de las raíces, la falta de nutrientes y los ataques de patógenos en las raíces pueden disminuir la

eficacia del sistema radicular, ocasionando una merma en el vigor de la planta y su producción (Jiménez, 2022)

Tener un sistema radicular robusto y activo deja que la planta explore más espacio del suelo, absorbiendo agua y elementos nutritivos con mejor rendimiento y conservando hojas sanas. Consecuentemente, esto lleva a tener más flores y frutos producidos, sumado a una cosecha más estable a lo largo de los años secos. Si la biomasa de las raíces sube un 10% la cosecha anual puede subir en la misma medida (Ramos, 2019).

4.3. Bioestimulantes agrícolas.

Los bioestimulantes en la agricultura son compuestos o microorganismos que, al ser aplicados en las plantas o en el suelo, favorecen los procesos fisiológicos naturales de las plantas, mejorando la absorción de nutrientes, la resistencia a factores estresantes y el desarrollo del sistema radicular, sin funcionar como nutrientes convencionales. Este tipo de productos agrícolas abarca extractos de algas, ácidos húmicos y fúlvicos, aminoácidos y microorganismos beneficiosos, entre otros. A diferencia de los fertilizantes tradicionales, los bioestimulantes no se centran en proporcionar nutrientes, sino en potenciar los procesos metabólicos internos de las plantas y aumentar su productividad en diversas condiciones ambientales (Du Jardin, 2022).

Alcaplant-New es un fertilizante cálcico al 35% su aplicación es edáfica y tiene la función de fortalecer y estimular el crecimiento de las raíces, mejora el anclaje de la planta, fortalecimiento y resistencia de los tejidos, corrige deficiencias y equilibra el suelo.

Cytokin es un bioestimulante foliar que contiene citoquininas, tiene efectos de promover la división celular en las raíces, retrasan la senescencia de las raíces, estimulan la ramificación radicular.

Ca 60 NT es un insumo cálcico al 60% su aplicación es edáfica, sus funciones están relacionadas con el alargamiento radicular, protección contra estrés abiótico y patógenos, absorción de nutrientes.

Boro zinc 10-10 es un insumo con micronutrientes de B (10%), Zn (10%) y S (5,8%) su aplicación es foliar y edáfica: El B se encarga de la elongación y desarrollo radicular, absorción de nutrientes, transporte de azúcares; El Zn se encarga de la producción de hormonas de crecimiento, en la formación de raíces laterales.

Solugro 12-48-8 es un insumo con macronutrientes y micronutrientes su aplicación es foliar y edáfica, estimula el crecimiento y desarrollo de la raíces, actúa en la floración y fructificación.

Acido húmico 75% su aplicación es edáfica ayuda a potenciar las raíces, mejora la estructura del suelo, aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC), desbloquea nutrientes, neutraliza elementos tóxicos.

4.4. Evidencia científica sobre el uso de bioestimulantes en el desarrollo radicular del cacao.

Diversos estudios científicos han confirmado que el uso de bioestimulantes en la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) proporciona resultados muy beneficiosos en cuanto al crecimiento y la función del sistema de raíces, especialmente dentro de plantaciones ya establecidas y durante la etapa de vivero.

El INIAP realizó un proyecto que involucró el uso de bioestimulantes de manera orgánica en la cual utilizaron extractos de plantas y ácidos húmicos aplicados en las raíces a las plantas de cacao fino de aroma. En el proyecto se diseñó un DBCA en la cual evaluaron biomasa radicular, la densidad de las raíces y el porcentaje de las raíces.

Los datos obtenidos generaron aumento en la biomasa de las raíces, lo cual generó un 30% en relación con los datos del testigo, evidenciando que la aplicación de los insumos genera un aumento de la fisiología de las raíces en el cacao (INIAP, 2021).

Los resultados como tal de dicha investigación llegaron a demostrar la existencia de diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), resaltando los tratamientos con bioestimulantes orgánicos, los cuales proporcionaron un incremento de un 38 % en cuanto a su biomasa radicular en comparaciones respecto al control. Por otra parte, se proporcionó un registro de una mayor formación de raíces finas absorbentes y un mejoramiento en la parte de la arquitectura radicular general. Los investigadores resaltaron que estos efectos estuvieron relacionados en base a una activación de las rutas hormonales las cuales están relacionadas a auxinas y citoquininas, favoreciendo así esto una mejor división y elongación celular en los tejidos meristemáticos del sistema radicular. Por tal razón dicho estudio concluye mencionando que el realizar una aplicación estratégica de bioestimulantes en cacao favorece el establecimiento del cultivo y a su vez este mejora la capacidad en cuanto a adaptación frente a condiciones de estrés edáfico que pueda presentar el cultivo (Gómez et al., 2021).

Capítulo V

5. Metodología

5.1. Ubicación del área de investigación

5.1.1. Ubicación política

País : Ecuador

Provincia : Santo Domingo de los Tsáchilas

Cantón : Santo Domingo

Parroquia : Valle Hermoso

Sector : Km 6 - Recinto Cristóbal Colón

5.1.2. Ubicación geográfica

La presente investigación, se está realizando en la parroquia Valle Hermoso en el Km 6, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en la Finca Cacao del Valle ubicada en las coordenadas X: 695565.502; Y: 9990837.021

Figura 1
Localización Geográfica De La Investigación.



Nota: Figura realizado por los autores.

5.1.3. Ubicación Ecológica

Zona de vida: Bosque Húmedo tropical

Altitud: 370 metros sobre el nivel del mar

Precipitación (msnm): 3200 mm/año

Suelos: Limo arcilloso y arenoso

5.1.4. Materiales de campo

- Tijera de podar
- Cinta métrica

- Jeringas de 60 ml
- Tanque de agua
- Machete
- Pala
- Piola
- Estacas
- Fundas Ziploc
- Materiales de oficina (esferos, libreta, lápiz)

5.1.5. Materiales y equipos de Laboratorio

- Peachimetro
- Gramera analítica
- Conductímetro
- Estufa
- Bandejas
- Vasos de precipitación
- Guantes térmicos

5.1.6. Equipos

- Bomba de aspersión
- Balanza gramera
- Equipos de Protección (guante, gafas y mascarilla)

5.1.7. Insumos

- Boro Zinc 10-10
- Solugro 12-48-8
- Cytokin
- Alcaplant-New

- Ca 60 NT líquido
- Ácido Húmico 75%

5.2. Diseño experimental

5.2.1. Tratamientos evaluados

Tabla 1

Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción
T0	Testigo
T1	Cytokin + solugro + Boro zinc 10-10
T2	Alcaplant-New + solugro + Boro zinc 10-10
T3	CaCO ₃ líquido
T4	Alcaplant-New + Ácido Húmico 75%

5.3. Tipo de diseño

Se empleó un esquema bifactorial 4x2 cuatro insumos y dos frecuencias de aplicación, con un testigo conducido a un diseño de bloques completos al azar (DBCA), está distribuido en 4 tratamientos más un testigo, lo que generó un total de 20 unidades experimentales. El modelo empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_1 + \beta_1 + (\alpha\beta_{ij}) + \epsilon_{ij}$$

Donde:

μ : Es efecto de la media

α_1 : Es el efecto sobre la media causado por el nivel del factor A (Productos)

β_1 : Es el efecto sobre la media causado por el nivel del factor B (Frecuencias de aplicación)

$\alpha\beta_{ij}$: Es el efecto sobre la media ocasionada por la interacción del nivel del factor A y el nivel del factor B.

ε_{ij} : Es el error aleatorio.

5.4. Descripción de la unidad experimental de estudio

Tabla 2

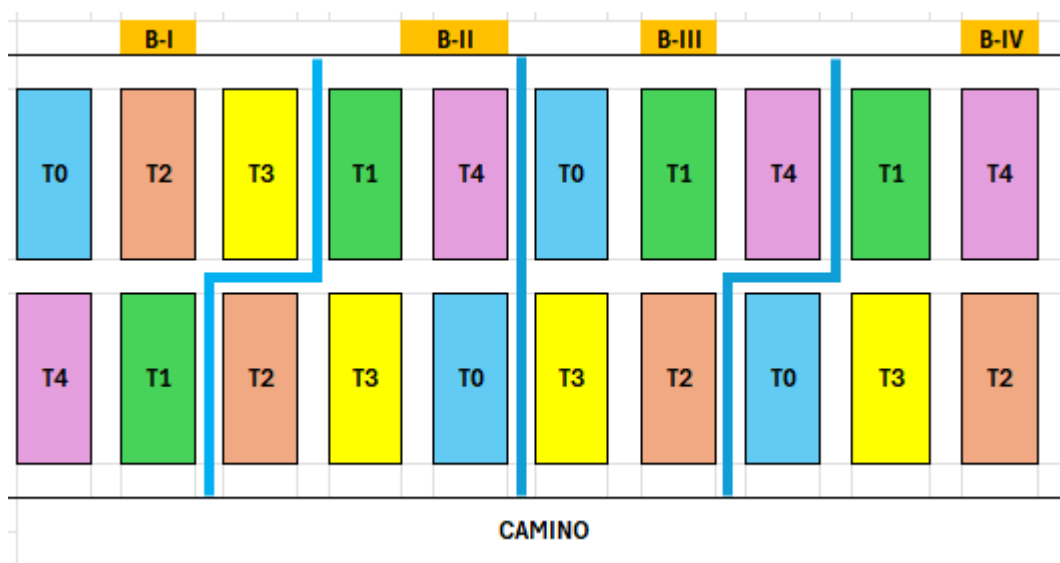
Descripción de la unidad experimental

Distanciamiento del cultivo	3,5 x 3,5 m
Número de unidades experimentales	20
Área de la unidad experimental	110,25 m ²
Área neta de la unidad experimental	36,75 m ²
Largo	50 m
Ancho	40 m
Forma de la UE	Rectangular
Área total del ensayo	2000 m ²
Área neta del ensayo	735 m ²
Forma del ensayo	cuadrado
Población total	200

5.4.1. Croquis

Figura 2

Croquis de los tratamientos



5.4.2. Análisis estadístico

La investigación se desarrolló con 5 tratamientos, insumos de control y 2 frecuencias de aplicación, cada uno con 4 repeticiones.

5.4.3. Esquema de análisis de variable

Tabla 3

Modelo de análisis de varianza

Fuente de variación	Modelo matemático	Grados de libertad
Repeticiones	$r-1$	$4-1=3$
Tratamientos (T)	$t-1$	$5-1=4$
Error (e)	$N-t$	$20-5=15$
TOTAL	$(r*t)-1$	$20-1=19$
T=tratamientos r=repeticiones N=observaciones		

5.4.4. Coeficiente de variación

El cálculo de C.V se utilizó la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{\bar{X}} * 100$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación

CMe = Cuadrado medio del error

$\bar{X}$ = media del tratamiento

5.4.5. Análisis económico

Este análisis económico se lo proyectó por hectárea durante los cuatro meses de investigación, tomando en cuenta el rendimiento por tratamiento y el crecimiento del sistema radicular promedio por tratamiento evaluado, con lo cual además se usaron los valores de los productos empleados. Se llegó a obtener el total de los egresos para obtener el balance costo-beneficio.

5.5. Métodos específicos del manejo del experimento

En todos los tratamientos se aplicó un manejo agronómico uniforme, que incluyó labores de control de malezas mediante métodos mecánicos y químicos, además de prácticas de fertilización y podas fitosanitarias. Estas actividades se llevaron a cabo siguiendo el orden que se detalla a continuación:

5.5.1. Delimitación de parcelas

Se dispusieron 10 plantas por cada unidad experimental. El ensayo se organizó en 4 bloques y contempló un total de 5 tratamientos, tal como se muestra en el croquis. Para identificar

cada uno de los tratamientos se colocó un rótulo con su codificación y su delimitación entre tratamientos.

5.5.2. Marcación de plantas de evaluación

Cada unidad experimental del ensayo cuenta con 10 plantas de cacao de los cuales se escogieron 3 plantas representativas en cuanto a productividad y vigorosidad, posteriormente se señaló y se le asignó un valor numérico para distinguirlas entre las demás plantas.

5.5.3. Podas fitosanitarias

Se realizaron previo a la aplicación de los tratamientos, consistía en eliminar frutos enfermos, momificados, plantas epifitas y ramas secas, se realizó podas para mejorar la aireación y estimular la floración, así como para evitar el desarrollo de musgo por efecto de la sombra y alta humedad.

5.5.4. Control de malezas

Se realizó previamente en toda el área del ensayo, con el empleo de una moto guadaña y luego al rebrote de la maleza se aplicó un herbicida a base de glufosinato de amonio en dosis de 1,5 L/ha.

5.6. Aplicación de los tratamientos

La primera aplicación de los insumos con efecto bioestimulante se realizó el 05 de diciembre del 2025, para el efecto se utilizó una bomba de mochila de 20 litros de capacidad, un tratamiento fue aplicado al área foliar y los demás tratamientos fueron dirigidas al sistema radicular en drench. La frecuencia de aplicación fue a los 30 y 60 días, se aplicó dos litros de agua por cada planta. La aplicación de los insumos se lo realizó a una plantación en producción de unos 8 años aproximadamente.

5.7. Evaluación de los tratamientos evaluados

Se estableció una línea base para determinar la condición del suelo en que se encuentra el cultivo, se consideró importante realizar análisis físicos y químicos del suelo en cuestión. Se adecuó una matriz de datos para el registro mensual de datos. Se obtuvieron 3 tomas de datos

incluida la línea base, los trabajos de campo se realizaron desde el 15 de noviembre del 2025 hasta el 20 de enero del 2026. Para determinar la biomasa radicular se realizó un calicata de 40 cm de largo, 30 cm de ancho y 20 cm de profundidad, en la cual se pesó la cantidad extraída de raíces en gramos.

Para la obtención de la sanidad de las raíces se clasificó en tres grupos las raíces extraídas: raíces sanas, raíces ligeramente afectadas y raíces severamente afectadas, en las cuales se determinó el peso en gramos.

5.8. Evaluación de pruebas físicas y químicas del suelo

Después de recolectar las muestras de suelo, se las llevó al laboratorio en la cual se hicieron pruebas físicas como la textura, estructura, densidad aparente, densidad real y porosidad. También se realizaron pruebas químicas como el pH y conductividad eléctrica.

5.8.1. Densidad aparente

La densidad aparente se expresa en gr/cm³. Para la obtención de las muestras se utilizó un cilindro con medidas de: altura de 6 cm, diámetro de 5 cm y grosor de 1 mm. En el suelo se introdujo el cilindro y la muestra obtenida se almacenó en una funda ziploc para posteriormente llevar al laboratorio. Las muestras se pusieron en una estufa por 48 horas a una temperatura de 105 °C para obtener las muestras secas (MS).

Para calcular la densidad aparente (Da) se utilizó mediante la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{MS}{Vol}$$

$$Vol = \frac{\pi * d^2}{4} * h$$

En donde:

Da=Densidad aparente

MS=La materia seca

Vol=Volumen del cilindro

5.8.2. *Densidad real*

La densidad real se expresa en gr/cm³. La cual se utilizó una constante universal de un valor de 2,65 gr/cm³.

5.8.3. *Porosidad*

La porosidad se expresa en porcentaje (%). El cálculo de la porosidad se utilizó la siguiente fórmula:

$$P(\%) = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) * 100$$

En donde:

P=Porosidad

Da=Densidad aparente

Dr=Densidad real

5.8.4. *pH y conductividad eléctrica*

En un vaso de precipitación se colocó 100 ml de agua y 50 gr de suelo seco y posteriormente se mezcló. Después se colocó en papel filtro en un vaso de precipitación en el cual se depositó la mezcla, una vez que se filtró la mezcla con la ayuda de un peachímetro se midió el pH y con un conductímetro se midió la conductividad eléctrica.

5.9. *Dosis de los insumos*

Tabla 4
Insumos aplicados

Producto comercial	Presentación	Ingrediente activo	Dosis
Alcaplant	5 kg	Calcio 35%	25 ml/L o 500 ml/bomba
Cytokin	250 ml	Citoquininas, K	2,5 ml/L o 50 ml/bomba

Ca 60 NT	1 litro	Calcio 60%	10 ml/L o 200 ml/bomba
Boro zinc 10-10	1 kg	Boro, zinc, azufre	10 gr/L o 200 gr/bomba
Ácido Húmico 75%	1 litro	Ácido húmico	60 ml/bomba
Solugro	1 kg	N,P,K,B,Mg,Zn, Mn,Mo	10 gr/L o 200 gr/bomba

Capítulo VI

6. Resultados y discusiones

6.1. Parámetros físicos y químicos realizados en el laboratorio

Tabla 5
Parámetros físicos y químicos

Parámetros físicos y químicos	Cantidad
Densidad aparente	0,51 gr/cm ³
Densidad real	2,65 gr/cm ³
Porosidad	80 % Alta
Textura	Franco arenoso
Estructura	Buena
pH	6,1
Conductividad eléctrica	511 us/cm

En la tabla 5 los valores físicos indican un sustrato de excelente calidad para el desarrollo radicular del cacao, la textura (Franco arenoso) y estructura (Buena) permite un equilibrio perfecto entre la retención de humedad y el drenaje, evitando encharcamientos que pudran las raíces.

La porosidad (80% Alta) es un valor excepcionalmente alto, lo que significa que el sistema radicular tiene una oxigenación óptima. La densidad Aparente (0,51 gr/cm³) es un suelo muy liviano y poco compacto. Esto facilita que las raíces penetren y se expandan sin resistencia, lo que se refleja en los altos pesos de biomasa en el T2 (Alcaplant-New + solugro + Boro zinc 10-10).

El pH de 6,1 es aceptable de acuerdo con el requerimiento del cacao ya que permite la disponibilidad de los macroelementos y microelementos que se encuentran en el suelo.

Con una conductividad eléctrica de 511 us/cm, establece que hay una concentración de sales estables

6.2. Biomasa radicular

Tabla 6

Análisis de varianza de la variable de biomasa radicular bajo el efecto de insumos con efecto bioestimulante aplicado al sistema radicular del cacao.

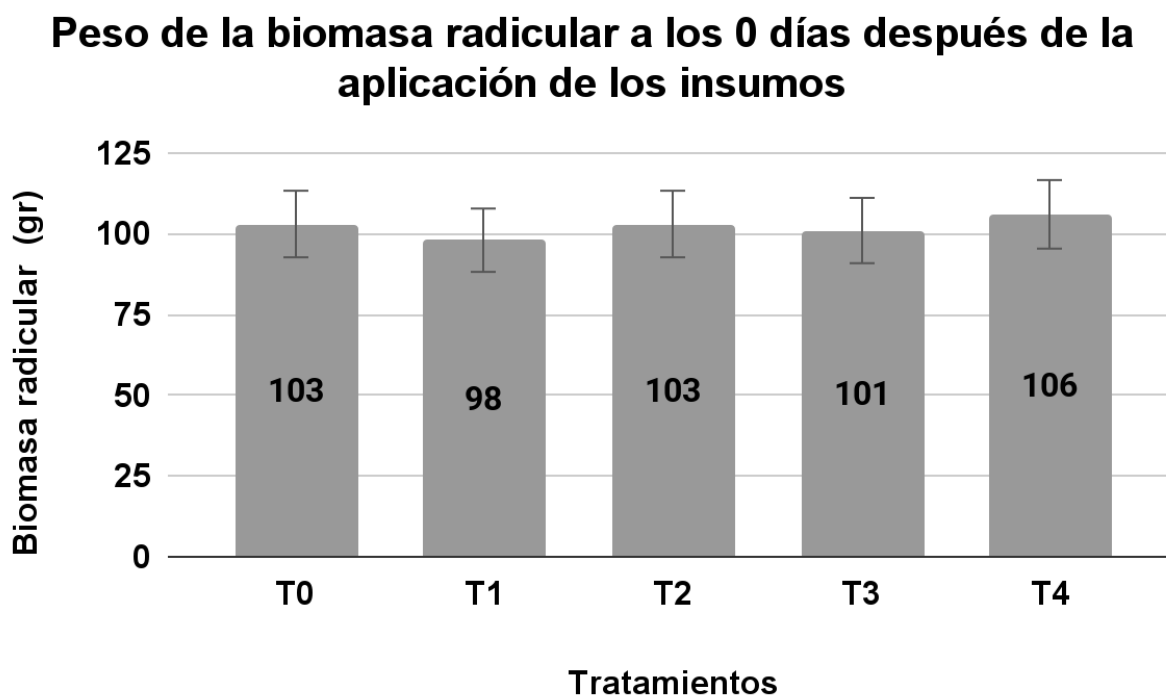
Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-value	F crit
Tratamiento	8078,16667	4	4039,08333	17,5379327	0,00078557	4,25649473
Error	2072,75	15	230,305556			
Total	10150,9167	19				

En la tabla 6 el análisis de varianza se revela una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, dado que el P-valor obtenido fue de 0,00078557. Con este valor inferior al nivel de significancia estándar de $p < 0,05$, se rechaza la hipótesis nula, confirmando que al menos uno de los bioestimulantes genera un impacto en el desarrollo radicular.

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la biomasa radicular, mostró diferencias significativas entre tratamientos, lo que nos indica que al menos uno de los tratamientos influye estadísticamente en el desarrollo del sistema radicular del cultivo, por lo tanto, esta aplicación de bioestimulantes tuvo efecto significativo sobre la variable evaluada, este resultado concuerda con (Di Sario, 2025) y menciona que los bioestimulantes estimulan los procesos fisiológicos relacionados con la división celular, elongación radicular y también con el incremento de la biomasa de las raíces.

Figura 3

Prueba de significancia de la biomasa radicular a los 0 días después de la aplicación de los insumos.



En la Figura 3 se muestra el peso de la biomasa radicular (en gramos) al momento inicial del experimento (0 días después de la aplicación). Dentro de esta etapa es muy crucial tenerla presente ya que define la línea base o punto de partida de la investigación.

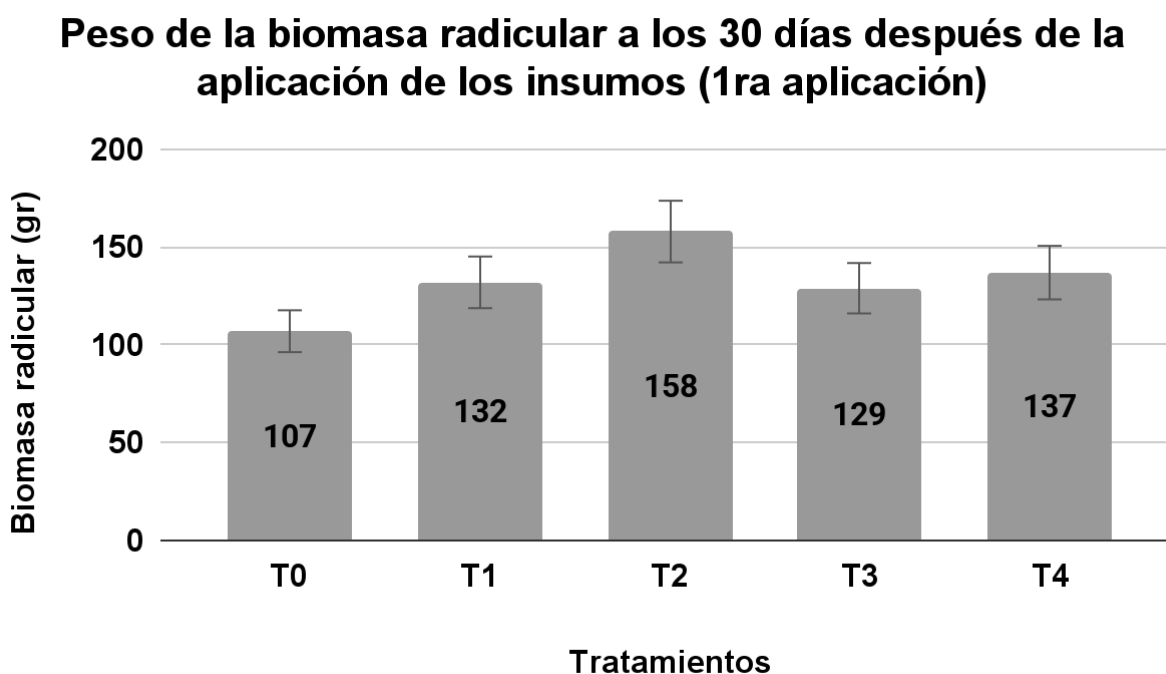
A simple vista, se puede apreciar una gran similitud en los datos. Los valores oscilan en un rango estrecho, entre los 98 gr (T1) y los 106 gr (T4). Esta uniformidad es positiva, ya que indica que al inicio del experimento no existían ventajas previas significativas entre los tratamientos.

La superposición de las barras de error establece que, las unidades experimentales presentaron condiciones fisiológicas comparables, garantizando que los efectos observados posteriormente en el estudio sean atribuibles a la aplicación de los insumos, un estudio menciona que existe una condición uniforme en la etapa inicial, por lo tanto es fundamental en los estudios

de bioestimulantes, y que permite aplicar con mayor precisión la respuesta fisiológica inducida por los tratamientos evaluados (Di Sario, 2025)

Figura 4

Prueba de significancia de la biomasa radicular a los 30 días después de la aplicación de los insumos.



En la figura 4, se puede observar una diferencia significativa en la respuesta entre los diferentes tratamientos. El T2 (Alcaplant + solugro + Boro zinc 10-10) se destacó como el tratamiento más eficaz, logrando una biomasa de raíces de 158 gr, lo que representa una ventaja clara en comparación con el testigo (T0), que tuvo el valor más bajo con 107 gr. Esta diferencia del 47. 6% a favor del T2 (Alcaplant + solugro + Boro zinc 10-10) indica que la combinación de los productos utilizados en este grupo mejora notablemente los procesos de formación de raíces y la absorción de nutrientes.

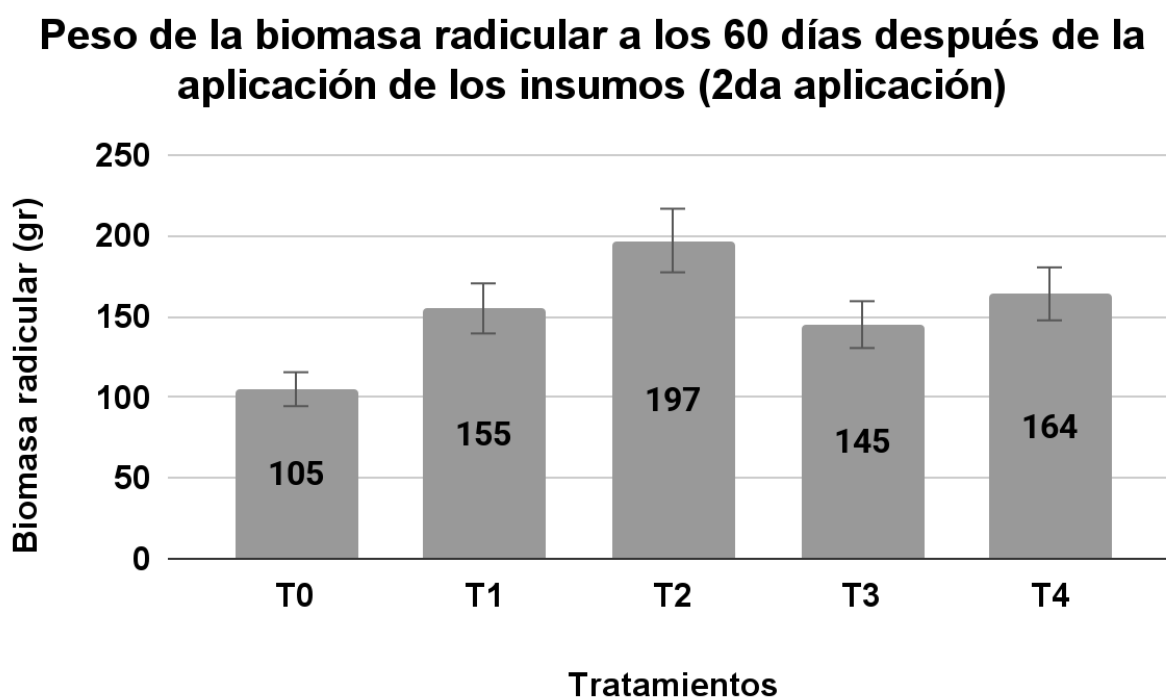
El testigo (T0) mantuvo un crecimiento inercial mínimo, el T2 (Alcaplant + solugro + Boro zinc 10-10) demostró una capacidad de aceleración vegetativa que lo separa estadísticamente

del resto de la muestra, validando así su potencial uso para mejorar la biomasa radicular en etapas tempranas

Estos resultados corroboran con lo reportado por (Loeza Lara et al., 2024), quienes mencionan que los bioestimulantes causan mejoría a la eficiencia de la absorción de nutriente también promueven un crecimiento radicular más activo durante las etapas tempranas del desarrollo radicular.

Figura 5

Prueba de significancia de la biomasa radicular a los 60 días después de la aplicación de los insumos.



En la figura 5 se puede observar una máxima diferenciación entre los tratamientos experimentales. El Tratamiento T2 (Alcaplant + solugro + Boro zinc 10-10) consolidó su superioridad con una biomasa radicular de 197 gr, superando por mucho al Testigo (T0), que registró apenas 105 gr. Esta brecha representa un incremento del 87.6% en el desarrollo radicular a favor del T2 (Alcaplant + solugro + Boro zinc 10-10).

Este contraste evidencia que la aplicación de los insumos en el T2 (Alcaplant + solugro + Boro zinc 10-10) no solo estimula el crecimiento inicial, sino que mantiene su eficacia a largo plazo, optimizando la arquitectura radicular de forma significativamente más eficiente que el crecimiento espontáneo observado en el control. Estudios recientes mencionan que los bioestimulantes pueden causar efectos prolongados en el crecimiento radicular al mejorar la tolerancia al estrés y de igual manera optimizar procesos metabólicos directamente a la planta. (Brito Lopez, 2025).

6.3. Sanidad radicular

6.3.1. Raíces sanas

Tabla 7

Análisis de varianza de la variable de sanidad radicular de las raíces sanas bajo el efecto de insumos con efecto bioestimulante aplicado al sistema radicular del cacao.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-value	F crit
Tratamiento	13338,5	4	6669,25	20,062923	0,00048217	4,25649473
Error	2991,75	15	332,416667			
Total	16330,25	19				

En la tabla 7 el análisis de varianza aplicado a la variable de sanidad radicular en el cultivo de cacao revela la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados.

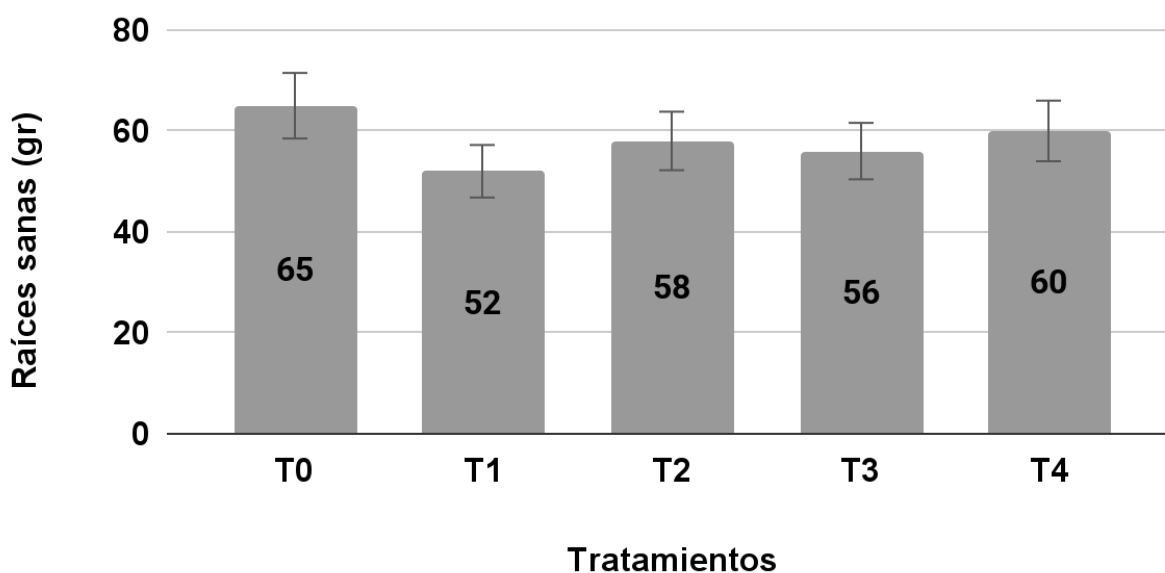
La significancia estadística se confirma mediante el p-valor de 0,00048217, el cual es considerablemente inferior al nivel de confianza estándar de $p < 0,05$. Este resultado permite demostrar que al menos uno de los tratamientos aplicados genera un efecto diferenciado y superior en la producción de raíces sanas en comparación con el resto de los tratamientos.

Estudios menciona que la mejora en la sanidad radicular asociada al uso de bioestimulantes han sido documentadas, enfatizando su capacidad para así, fortalecer tejidos y también la mejoría en la función de las raíces (Loeza Lara et al., 2024)

Figura 6

Prueba de significancia del peso de las raíces sanas a los 0 días después de la aplicación de los insumos.

Peso de raíces sanas a los 0 días después de la aplicación de los insumos



De acuerdo en la figura 6 en el peso de las raíces sanas realizados en una línea base, se puede apreciar una relación homogénea entre los diferentes tratamientos, lo cual indica que no hay una diferencia entre los datos, así que la homogeneidad establece que el proyecto inició con características similares.

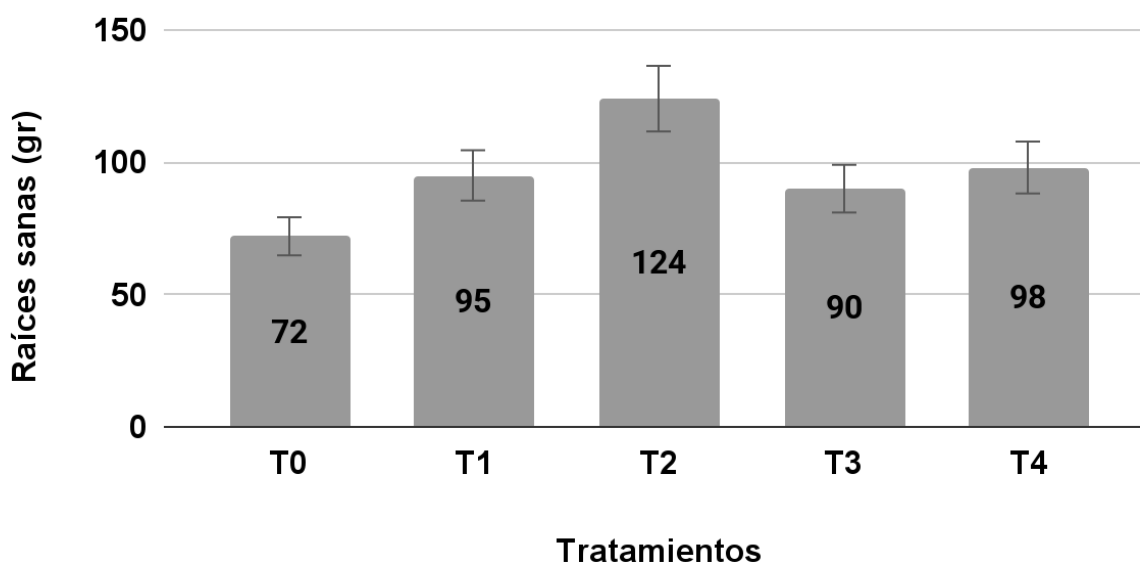
La superposición de las barras de error demuestra que no existían ventajas previas entre tratamientos, por lo que cualquier cambio observado en evaluaciones posteriores puede atribuirse directamente al efecto de los bioestimulantes aplicados. La homogeneidad en la fase

inicial permite evaluar con mayor precisión el impacto de los bioestimulantes sobre la sanidad que presenta el sistema radicular, esto menciona el reporte investigado (Bulgari, 2023)

Figura 7

Prueba de significancia del peso de las raíces sanas a los 30 días después de la aplicación de los insumos.

Peso de raíces sanas a los 30 días después de la aplicación de los insumos (1era aplicación)



La figura 7 se observa como los insumos ejercieron una diferencia entre los tratamientos a los 30 días después de haberse realizado la aplicación, en el cual se muestran aumentos en el peso de las raíces sanas.

El T2 registro el mayor incremento a los 30 días con un peso de 124 g, seguido por el T4 con un peso de 98 g, el T1 con 95 g, el T3 con 90 g y el T0 que es el testigo se mantuvo con 72 g. Lo cual evidencia que la aplicación de insumos con efecto bioestimulante mantiene una sanidad en el sistema radicular del cacao.

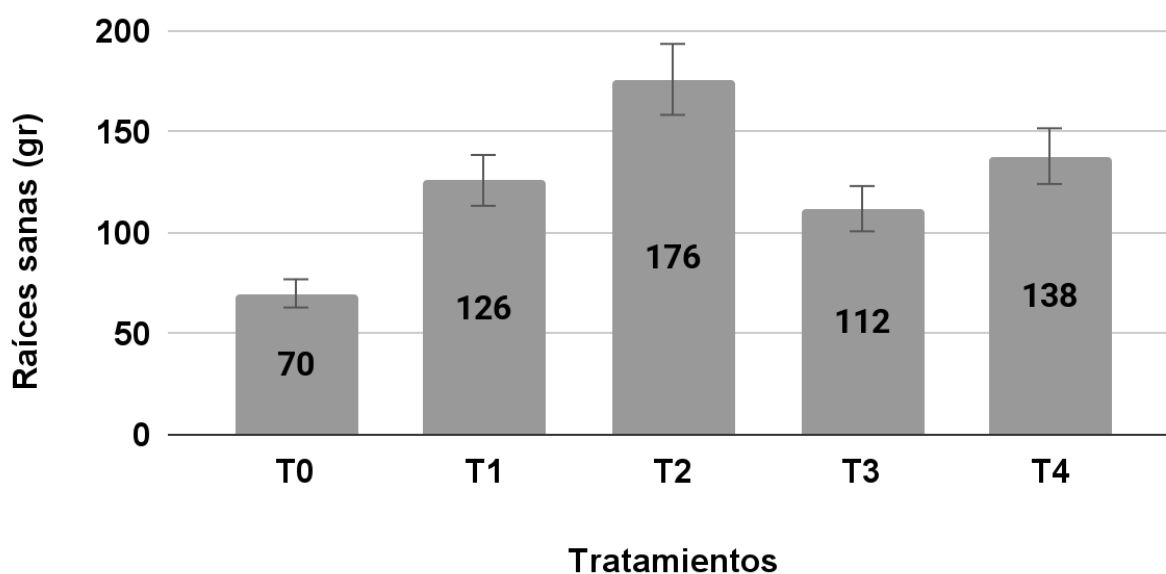
En contraste, el grupo de control (T0) mostró un crecimiento limitado, mientras que los tratamientos que incluyeron bioestimulantes evidenciaron una creciente tendencia.

Según el análisis, este comportamiento es relacionado con las investigaciones que señalan que los bioestimulantes favorecen la integridad celular y también la actividad metabólica que se encuentran en las raíces, aumentando de tal manera su proporción de sanidad (Van Oosten, 2023)

Figura 8

Prueba de significancia del peso de las raíces sanas a los 60 días después de la aplicación de los insumos.

Peso de raíces sanas a los 60 días después de la aplicación de los insumos (2da aplicación)



En la Figura 8 se observa una mayor diferenciación entre los tratamientos a los 60 días después de la aplicación. El tratamiento T2 (Alcaplant-New + solugro + Boro zinc 10-10) mantuvo los valores más altos de raíces sanas con 176 gr, consolidando su superioridad frente al resto de tratamientos.

El comportamiento ascendente del T2 (Alcaplant-New + solugro + Boro zinc 10-10) a lo largo del tiempo confirma la eficacia de este tratamiento para mejorar la sanidad radicular y la funcionalidad del sistema de absorción de la planta, esto sugiere un efecto protector prolongado de los bioestimulantes, lo cual ha sido reportado por investigaciones y estudios recientes tratan sobre la resiliencia radicular frente a estrés abiótico (Devi & Thakur, 2025)

6.3.2. Raíces ligeramente afectadas

Tabla 8

Análisis de varianza de la variable de sanidad radicular de las raíces ligeramente afectadas bajo el efecto de insumos con efecto bioestimulante aplicado al sistema radicular del cacao.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-value	F crit
Tratamiento	302,166667	4	151,083333	37	4,5524E-05	4,25649473
Error	36,75	15	4,08333333			
Total	338,916667	19				

En la tabla 8 el análisis de varianza para la variable de raíces ligeramente afectadas revela que el uso de insumos con efecto bioestimulante impacta de manera significativa en la integridad del sistema radicular del cacao.

El modelo estadístico mostró un valor F de 37, superando con creces el valor crítico de 4,25. El valor de probabilidad es de 4,5524 E-05 (0,0000455), cifra extremadamente inferior al umbral de $p < 0,05$.

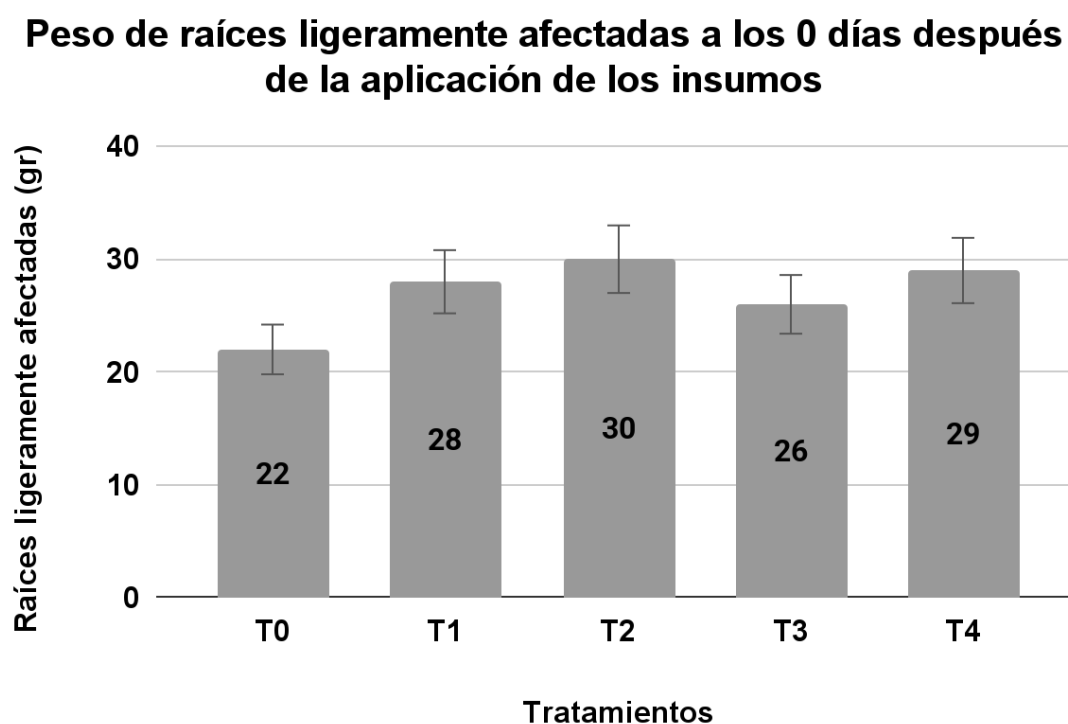
El análisis de raíces afectadas nos da un indicador clave para determinar la eficacia de los bioestimulantes, esto quiere decir que mostró un efecto significativo lo cual coincide con investigaciones recientes lo que señalan que la aplicación de bioestimulantes estimulan mecanismos fisiológicos asociados a la reparación celular y también a la reducción del estrés, es decir, son más resistentes, lo cual contribuye a la disminución de la incidencia de daños

radiculares (Pérez-Jaramillo, 2023). Asimismo, existen reportes que mencionan sobre la aplicación de bioestimulantes, dando así, que mejoran la resiliencia radicular frente a las condiciones adversas que pueden presentar el suelo (Ruzzi & Aroca, 2024).

La afectación de las raíces según (López, 2024) se puede producir por la presencia de *Phyllophaga spp* en el sistema radicular, además menciona si la planta contiene bajo porcentaje de raíces será más propensa a tener una baja producción.

Figura 9

Prueba de significancia del peso de las raíces ligeramente afectadas a los 0 días después de la aplicación de los insumos.



En la Figura 9 se presenta la evaluación inicial del peso de raíces ligeramente afectadas bajo cinco esquemas de tratamiento (T0 a T4) al momento de la aplicación (Día 0). Los resultados muestran que el tratamiento T2 (Alcaplant-New + solugro + Boro zinc 10-10) presenta el peso promedio más elevado con 30 g, seguido por T4 (Alcaplant-New + Ácido Húmico 75%) con 29 gr

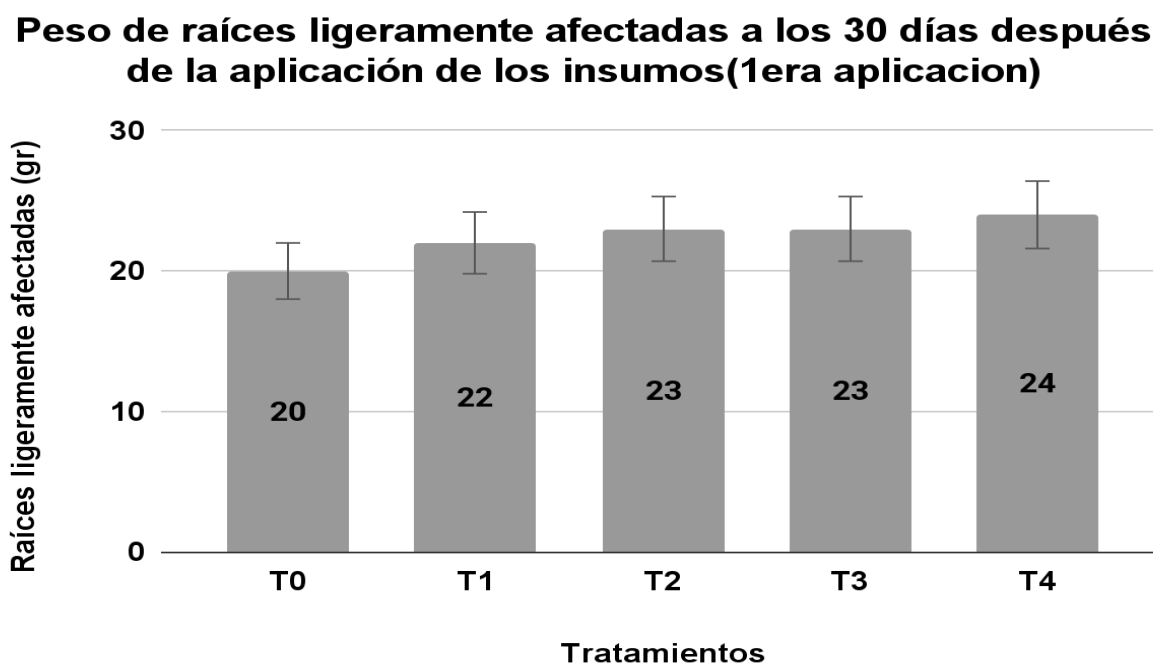
y T1 (Cytokin + solugro + Boro zinc 10-10) con 28 g, mientras que los valores mínimos se registran en T3 (CaCO₃ líquido) con 26 g y T0 (Testigo) con 22 g.

La evaluación inicial (Día 0) indicó que el tratamiento T2 (Alcaplant-New + solugro + Boro zinc 10-10) tuvo el valor más alto con 30 g, mientras que el grupo de control (T0) presentó el peso más bajo con 22 g. A pesar de la diferencia numérica entre los tratamientos, esta variabilidad inicial no mostró relevancia estadística de acuerdo con el análisis de superposición de las barras de error. Este comportamiento se alinea con el diseño del experimento, puesto que en el inicio los insumos bioestimulantes aún no habían revelado su efecto fisiológico sobre el sistema radicular.

De acuerdo con lo mencionado por (Bulgari, 2023), la homogeneidad sanitaria en la fase inicial toma un criterio indispensable, es decir, va a interpretar correctamente la respuesta de las plantas con los tratamientos de bioestimulantes.

Figura 10

Prueba de significancia del peso de las raíces ligeramente afectadas a los 30 días después de la aplicación de los insumos.

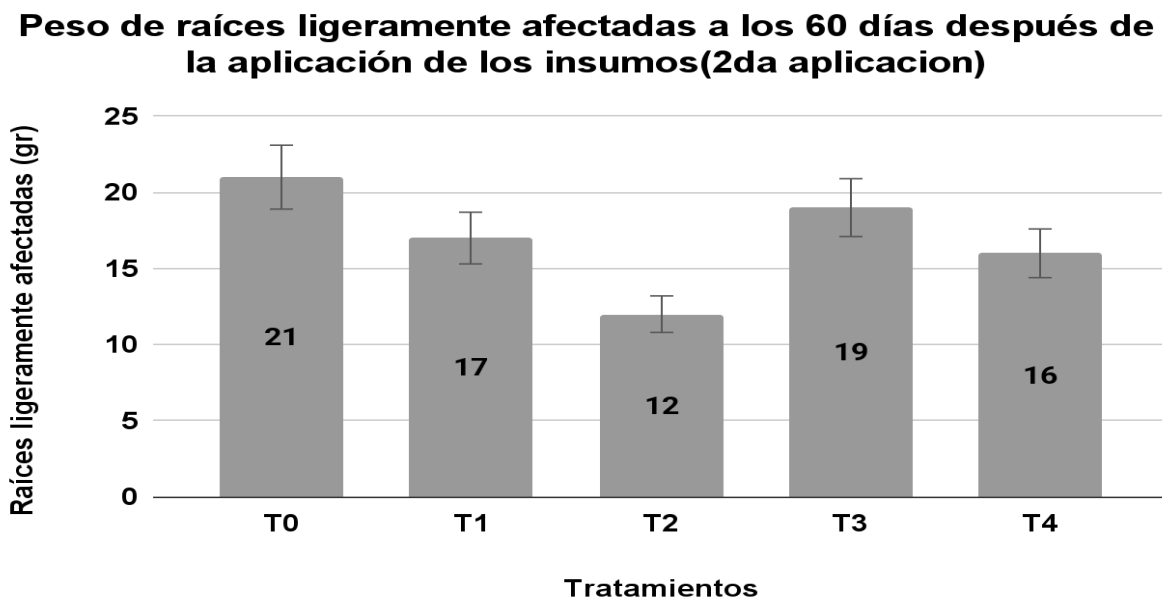


La Figura 10 presenta los resultados de la prueba de significancia del peso de las raíces ligeramente afectadas a los 30 días después de la primera aplicación de insumos. En este periodo, se observa que el tratamiento T4 (Alcaplant-New + Ácido Húmico 75%) mantiene el promedio más alto con 24 g, seguido por los tratamientos T2 (Alcaplant-New + solugro + Boro zinc 10-10) y T3 (CaCO₃) presentan un valor uniforme de 23 g. Por el contrario, los valores más bajos se registran nuevamente en T0 (Testigo) con 20 g, mostrando una tendencia a la baja en comparación con los datos del día 0.

Esta reducción gradual que existe en la masa de tejido afectado es indicativa de procesos de recuperación radicular y también ayuda a la regeneración del tejido sano, estudios recientes mencionan que los bioestimulantes promueven procesos de regeneración en el sistema radicular mediante la activación de enzimas antioxidantes y la mejora del metabolismo celular directamente en las raíces (Frioni, 2024)

Figura 11

Prueba de significancia del peso de las raíces ligeramente afectadas a los 60 días después de la aplicación de los insumos.



En la Figura 11 se muestra que, tras 60 días de la segunda aplicación, existen diferencias significativas entre los nueve tratamientos evaluados. Bajo la premisa de que los valores menores son los óptimos, el tratamiento T2 (Alcaplant-New + solugro + Boro zinc 10-10) destaca como el más efectivo de todos, logrando reducir el peso de las raíces afectadas a solo 12 gr.

A este le siguen en orden de eficacia el T4 (Alcaplant-New + Ácido Húmico 75%), con un registro de 16 gr, demostrando una capacidad superior para mitigar el impacto en comparación con el resto de los insumos.

El T0 (Testigo) se muestra como el tratamiento que ofrece el menor rendimiento, ya que permite que la variable llegue a su máximo de 21 gramos, lo cual equivale a un incremento del 75% en relación con el T2.

El comportamiento del T2 es superior puede deberse a la acción sinérgica de sus componentes. Nutrientes como el boro y el zinc son esenciales para la síntesis de auxinas y participan en la estabilización de membranas celulares, e incluso resultados similares han sido reportados por (Santoyo, 2024)

6.3.3. Raíces severamente afectadas

Tabla 9

Análisis de varianza de la variable de sanidad radicular de las raíces severamente afectadas bajo el efecto de insumos con efecto bioestimulante aplicado al sistema radicular del cacao.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	P-value	F crit
Tratamiento	72	4	36	8,47058824	0,00853371	4,25649473
Error	38,25	15	4,25			
Total	110,25	19				

En la tabla 9 el análisis de varianza para la variable de raíces severamente afectadas proporciona evidencia estadística definitiva sobre la capacidad protectora de los insumos bioestimulantes aplicados. Los datos revelan un valor $F = 8,47$ con un p-valor de 0,00853371, lo

que indica una reducción significativa en la incidencia de daños críticos en comparación con el testigo.

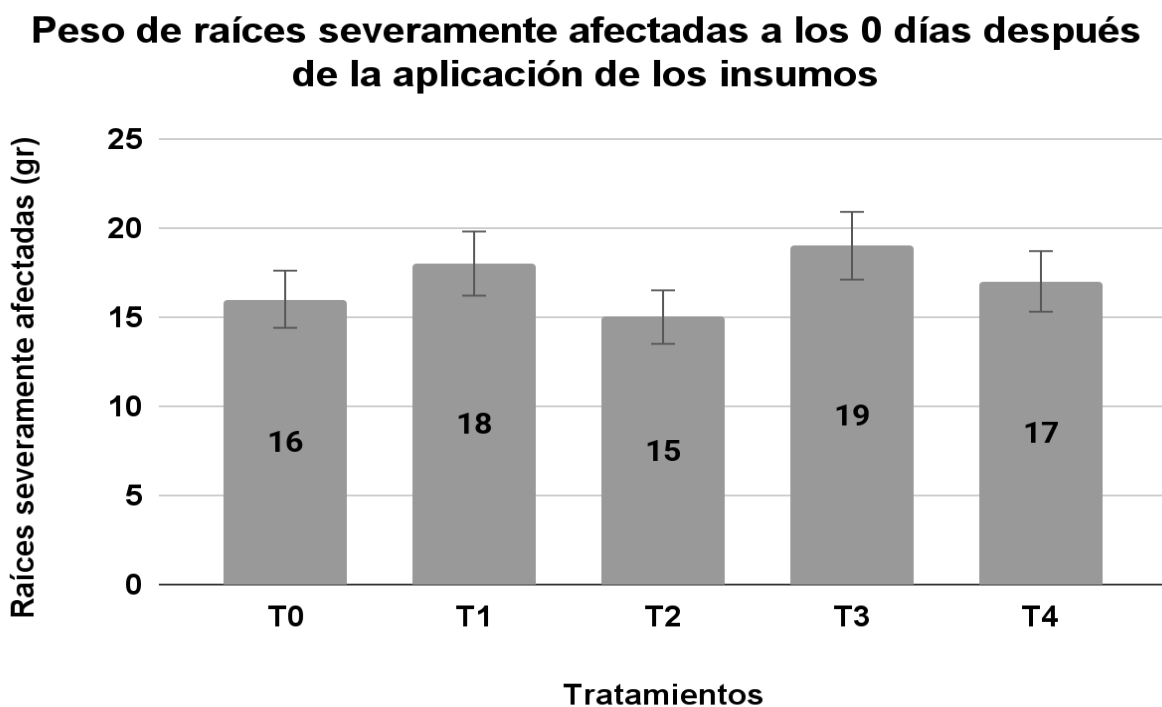
Esta defensa contra problemas severos explica, en gran medida, la ventaja en la biomasa de las raíces que se observó en tratamientos destacados como el T2 (Alcaplant + solugro + Boro zinc 10-10), el cual presentó un aumento del 87,6% en comparación con el grupo de control al concluir los 60 días.

El análisis de varianza de las raíces gravemente dañadas reveló un valor $F=8.47$ con un p-valor de 0,00853371, lo que indica que los bioestimulantes tuvieron un efecto positivo muy significativo para proteger el sistema radicular de daños severos.

Entre la correlación de la sanidad radicular y el incremento en biomasa total observado en tratamientos como el T2 del 87.6% respecto al testigo (T0) requiere que la protección para las afecciones severas según (Backer, 2023) los bioestimulantes fortalecen las defensas fisiológicas de las raíces y también reducen la incidencia de daños severos al mejorar la interacción planta- suelo y la estabilidad metabólica del sistema radicular.

Figura 12

Prueba de significancia del peso de las raíces severamente afectadas a los 0 días después de la aplicación de los insumos.



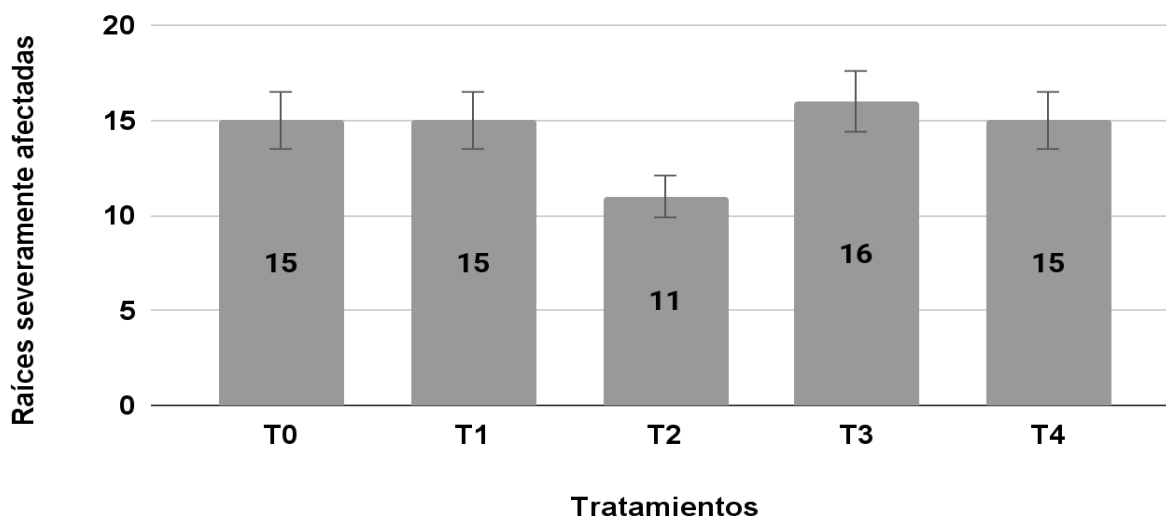
En la figura 12 se puede observar los pesos iniciales de las raíces severamente afectadas en la cual se registraron valores que oscilan entre 15 y 19 gramos, en el cual se estableció que los tratamientos partieron de un valor muy similar. Esta similitud se puede entender que entre los tratamientos no hay una diferencia estadísticas en momento de la aplicación de los insumos.

Esta homogeneidad inicial es consistente con los principios metodológicos establecidos y sobre todo los estudios de sanidad radicular y bioestimulantes (Bulgari, 2023)

Figura 13

Prueba de significancia del peso de las raíces severamente afectadas a los 30 días después de la aplicación de los insumos.

Peso de raíces severamente afectadas a los 30 días después de la aplicación de los insumos (1era aplicación)



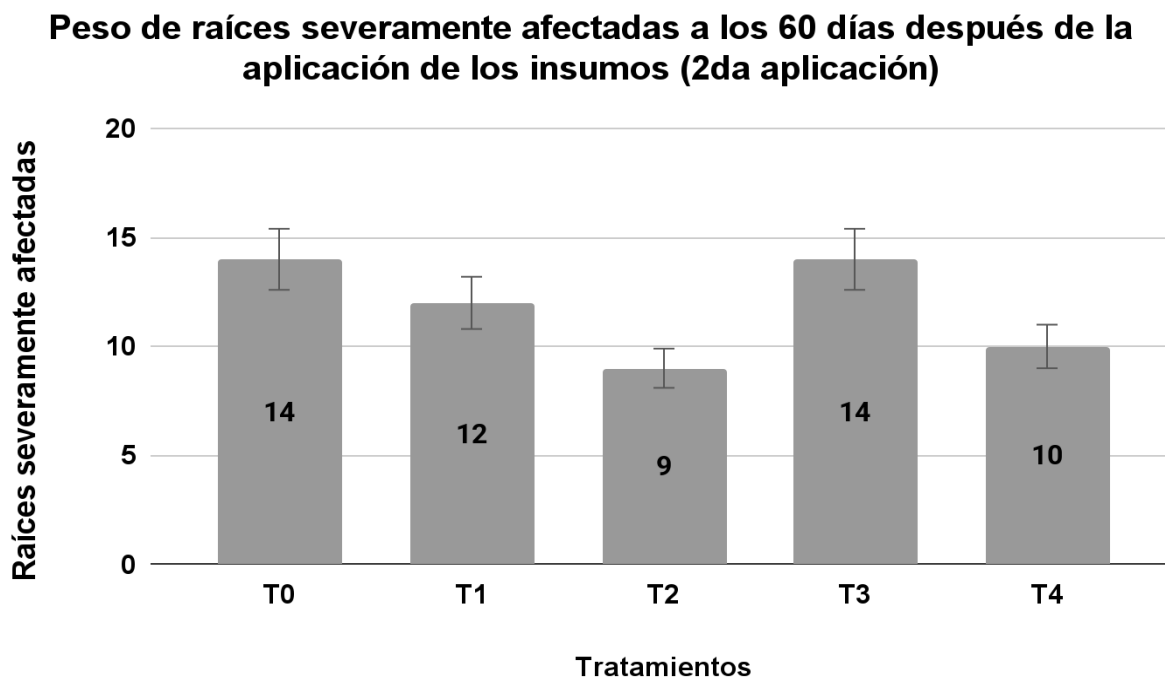
En la Figura 13 se presenta un progreso positivo en la salud de las raíces en comparación con la situación inicial. Un mes después de la primera intervención, se nota una disminución general en el peso de las raíces afectadas en casi todos los tratamientos.

Se puede apreciar que el T2 que contiene 11 g de raíces severamente afectadas es el que más favorable ante la aplicación de los insumos, los tratamientos T4, T1, T0 mostraron una similitud en los pesos de raíces, pero no obstante se puede apreciar la reducción de los tratamientos en comparación con los datos de la figura 12 al inicio de del proyecto.

Las barras de error sugieren que, aunque existe una tendencia a la mejoría, la variabilidad biológica sigue siendo notable. Investigaciones señalan que el uso de bioestimulantes pueden reducir notablemente la severidad del daño radicular al mejorar la tolerancia del estrés abiótico y biótico del sistema radicular (Ruzzi & Aroca, 2024)

Figura 14

Prueba de significancia del peso de las raíces severamente afectadas a los 60 días después de la aplicación de los insumos.



En la Figura 14, se muestran los resultados finales de la evaluación tras completar el ciclo de dos aplicaciones, se observa que el T2 (Alcaplant + solugro + Boro zinc 10-10) alcanzó el mayor nivel de eficacia, registrando el peso mínimo de raíces afectadas con apenas 9 g. El tratamiento T4 (Alcaplant-New + Ácido húmico 75%) y T1 (Cytokin + solugro + Boro zinc 10-10), mostraron mejoría respecto a fases anteriores con 10 y 12 gramos respectivamente.

Estos datos sugieren que, tras 60 días, existe una diferenciación en la capacidad de los insumos para recuperar la sanidad del sistema radicular, destacando a T2 (Alcaplant-New + solugro + Boro zinc 10-10) como la opción superior frente al resto de los tratamientos. Este comportamiento observado coincide con estudios realizados y reportan que el uso de bioestimulantes contribuyen a la estabilización fisiológica de las raíces y con la reducción del daño severo bajo las condiciones del estrés prolongado (Chiaiese, 2024)

6.4. Análisis costo-beneficio

Tabla 10
Análisis del costo

Insumos	unidad	Cantidad	Valor comercial (\$)	Subtotal \$
Alcaplant	kg	5	25	25
Cytokin	ml	250	7,5	7,5
Ca 60 NT	Litro	1	15	15
Boro zinc 10-10	kg	1	10	10
Solugro	kg	1	15	15
Ácido húmico 75%	Litro	1	12,5	12,5
TOTAL \$				85

La Tabla 10 presenta el desglose financiero de los insumos requeridos para el desarrollo experimental, reportando una inversión total de 85 dólares. El análisis del costo muestra que el gasto se distribuye entre seis productos especializados, donde el Alcaplant (5 kg) figura como el rubro de mayor impacto económico, con un valor comercial de \$25, representando en el 31.8% del presupuesto total.

Además, en un segundo nivel de gastos se encuentran el Ca 60 NT (1 L) y el Solugro (1 kg), los cuales suman un total de 15 dólares. En contraste, los materiales que generan menos impacto financiero son el Boro zinc 10-10 (\$10), el Ácido húmico 75% (\$9. 5) y el Cytokin (\$7,5).

6.4.1. Proyección de costos a 1 hectárea

Tabla 11

Análisis económico de costos por aplicación de insumos con efecto bioestimulantes aplicado al sistema radicular del cacao proyectado en costo/ha.

Descripción	Cantidad (ha)	Costo (\$)	T0	T1	T2	T3	T4
Alcaplant	5 kg	25			25 \$		25 \$
Cytokin	500 ml	15		15 \$			
Ca 60 NT	2 litros	30				30 \$	
Solugro	1 kg	15		15 \$	15 \$		
Boro zinc 10-10	2 kg	20		20 \$	20 \$		
Ácido húmico 75%	2 litros	25					25 \$
Materiales (\$)	1 bomba de mochila	70		70 \$	70 \$	70 \$	70 \$
Recursos humanos	1 jornales aplicación en drench	20			20 \$	20 \$	20 \$
Recursos humanos	2 jornales aplicación foliar	20		40 \$			
Total, egresos/ha (\$)			0 \$	160 \$	150 \$	120 \$	140 \$

En la tabla 11 se puede observar una respuesta diferencial marcada según la composición de los insumos con efecto bioestimulantes aplicados. El T2 (Alcaplant-New + solugro + Boro zinc 10-10), se consolidó como el más eficiente. A más de alcanzar la mayor biomasa radicular final (197 gr), demostró una protección superior contra daños a la raíz, justificando su inversión total de \$195/ha.

El T2 con un costo de 150\$/ha, aunque el valor no es el más bajo con respecto a los demás tratamientos es el que mayor beneficio se obtiene en lo que es el sistema radicular, tanto como la biomasa y la sanidad, el T4 es el segundo tratamiento que mejor genera beneficios al sistema radicular su costo de 140 \$/ha es un valor intermedio entre los tratamientos. El T3 tiene el costo más bajo con 120\$/ha, pero no genera un beneficio aceptable al sistema radicular del cacao en comparación con los otros tratamientos.

Capítulo VII

7. Conclusiones

La aplicación de bioestimulantes influyó significativamente en el desarrollo del sistema radicular del cultivo, evidenciándose incrementos en la biomasa radicular en comparación con el T0 (Testigo). Se confirma que su uso favorece el crecimiento, fortalecimiento y la sanidad radicular, incrementa el volumen de raíces sanas y reduce la presencia de raíces ligeramente afectadas, es decir contribuye a la integridad fisiológica de las raíces

El T2, conformado por la combinación de Alcaplant-New, Solugro y Boro Zinc 10-10 presentó el mejor efecto sobre el desarrollo radicular. Al terminar la evaluación alcanzó una biomasa radicular de 197 g. que es un incremento del 87.6 % frente al T0 (Testigo), que registra 105 g.

El análisis de la relación costo beneficio estableció que el T2 con un valor de 150\$/ha fue el más eficiente ya que proporciona resultados favorables en la generación de mayor biomasa y sanidad radicular, seguido por T4 con 140\$/ha. Los resultados nos indican que la inversión en estos insumos es viable, ya que al promover un crecimiento radicular inicial vigoroso se garantiza que la fertilización sea eficiente, manteniéndose un efecto positivo en el tiempo.

El T4 Alcaplant + ácido húmico al 75% presenta también valores interesantes que pueden ser considerados como segunda opción.

Capítulo VIII

8. Recomendaciones

Se recomienda el uso de insumos con efecto bioestimulante para estimular el sistema radicular en el cultivo de cacao debido a su efecto positivo sobre la biomasa y sanidad radicular.

Se recomienda el empleo de Alcaplant + Solugro + Bo Zn para promover el desarrollo de la biomasa de las raíces, utilizando una cantidad de 5 kg/ha de Alcaplant, 1 kg/ha de Solugro y 2 kg/ha de Boro zinc 10-10, aplicándolos en dos momentos, a los 30 y 60 días.

Se recomienda determinar la aplicación de productos que tengan un efecto bioestimulante durante la temporada lluviosa, con el propósito de comprobar su eficacia en diversos tipos de entornos de producción.

Se recomienda implementar el uso de los insumos con efecto biostimulante en el sistema radicular del cacao con un manejo de plagas y enfermedades, así mismo con técnicas culturales para obtener resultados estables de los insumos.

Capítulo IX

9. Bibliografía

- Alvarez, J. (2020). *Bioestimulantes en Nutrición, Fisiología y Estrés Vegetal*. Intagri. Retrieved 2026, from <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulantes-en-nutricion-fisiologia-y-estres-vegetal>
- Alvaro, M. (2019). *Funciones de las Sustancias Húmicas en las Plantas*. Fertilab. Retrieved 2026, from <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/189-Funciones-de-las-Sustancias-Humicas-Acidos-Humicos.pdf>
- AMAY, A. (2023). *UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR TESIS EFECTO DE TRES DOSIS DE BIOL SOBRE LA FLORACIÓN DE CACAO (Theobroma cacao) CCN51 EN EL CA*. CIA - Centro de Información Agraria. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/AMAY%20FREIRE%20ANGEL%20ALFREDO.pdf>
- Backer, R. (2023). *Plant growth-promoting rhizobacteria: Context, mechanisms and future prospects*. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1180123. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1180123>
- Béjar, D. (2023). *Estudio de factibilidad de producción y comercialización del cacao en el cantón Naranjal, Provincia del Guayas*. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25080/1/UPS-GT004416.pdf>
- BELTRÁN, D. (2021). *EFICACIA DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS PARA REDUCIR LOS NIVELES DE CADMIO EN EL CULTIVO DE CACAO (Theobroma cacao L.), MARISCAL SUCRE – GUAYAS*. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BELTRAN%20ROSERO%20Diego.pdf>
- Brito Lopez, C. (2025). *Plant growth-promoting microbes and microalgae-based biostimulants*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 380(1927), 20240251.

<https://royalsocietypublishing.org/rstb/article/380/1927/20240251/234987/Plant-growth-promoting-microbes-and-microalgae>

Bulgari, R. (2023). *Biostimulants in horticulture: A sustainable approach*. *Agronomy*, 13(2), 389.

<https://doi.org/10.3390/agronomy13020389>

Cáceres, L. D., Cornejo, A. N., Cruz Miranda, J. K., Gómez Bermeo, A. A., Inga Campoverde, J., & Cruz Romero, C. (2024). *Evaluación del enraizamiento a partir de la aplicación de un biorregulador de crecimiento en plántulas de cacao (Theobroma cacao L.)*. ProSciences.

ProSciences.

https://journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/758?utm_source=chatgpt.com

Cedeño, D. (2019). *ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO MECÁNICO Y MANUAL DEL DESCASCARAMIENTO DE MAZORCAS DE CACAO*. UTQ.

<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d516a725-e197-4c04-a230-efb2c00235bb/content>

Chiaiese, P. (2024). *Root health improvement through biostimulant application*. *Plants*, 13(6), 821. <https://doi.org/10.3390/plants13060821>

Da Silva, M. A., Guerra-Silva, N. M., Sandini, I. E., & Matsumoto, L. S. (2025). *Influencia de las sustancias húmicas y fúlvicas en los atributos del suelo*. Scielo.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342025000400100

Devi, L. J., & Thakur, V. (2025). *Effect of biostimulants on horticultural crop aspects*.

International Journal of Research in Agronomy, 8(7), 319–325.

Díaz, D. (2023). *Bioestimulación del Sistema Radical para Mantener la Relación Aérea-*

Radicular Extraído de [https://www.intagri.com/articulos/nutricion-](https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulacion-del-sistema-radical)

vegetal/bioestimulacion-del-sistema-radical - Esta información es propiedad intelectual de INTAGRI S.C., Intagri se r. Intagri.

<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulaci%C3%B3n-del-sistema-radical>

- Díaz-Chuquizuta, P., Díaz-Chuquizuta, H., Arevalo-Aranda, Y. G., & Cuevas-Giménez, J. P. (2025). Bioferments in the morphological and quality of cacao (*Theobroma cacao* L.) seedlings in the nursery. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 28(3), Article 6271.
- Di Sario, L. (2025). *Plant biostimulants to enhance abiotic stress resilience in crops*. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(3), 1129. <https://www.mdpi.com/1422-0067/26/3/1129>
- Du Jardin, P. (2022). *Bioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial*. Intagri. Retrieved February 4, 2026, from <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulantes-agricolas-definicion-y-principales-categorias>
- Durán Mera, C. A., Zambrano Bosquez, J. P., & Machuca Pazmiño, C. E. (2023). Floral induction by biostimulation in cacao crops (*Theobroma cacao* L.). *ECOAgropecuaria. Revista Científica Ecológica Agropecuaria*, 2(2), 34–42. <https://doi.org/10.53591/recoa.v2i2.1673>
- Efectos de bioestimulantes en el crecimiento morfológico de plántulas de cacao en etapa de vivero. (2023). *Manglar, Revista de Investigación*, 10(1), 45–56. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.013>
- Frioni, T. (2024). *Biostimulants and root system architecture*. *Horticulturae*, 10(3), 276. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10030276>
- García, L. (2020). *Caracterización morfológica en las zonas de producción de cacao (Theobroma cacao L.) tipo Nacional en el cantón Babahoyo provincia de Los Ríos, Ecuador*. UTBFA. <https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/657dfca2-452c-42bd-a6cc-0d50e3395422/content>

- INIAP. (2021). *Estrategias para el manejo integrado de enfermedades en cacao (Theobroma cacao L.) en el Ecuador*. INIAP - Programa Nacional de Cacao. h. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Retrieved 2026, from <https://www.iniap.gob.ec>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2021). Evaluación del efecto de bioestimulantes orgánicos en el desarrollo radicular del cacao fino de aroma en la región Costa del Ecuador. INIAP.
- JIMÉNEZ, E. (2022). *EFFECTO DE ENRAIZADORES ORGÁNICOS EN PLÁNTULAS DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN CONDICIONES SEMICONTROLADAS*. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JIMENEZ%20BUSTOS%20ERICKA%20LISBETH.pdf>
- Jiménez, E. (2022). *Efecto de enraizadores orgánicos en plántulas de cacao (Theobroma cacao L.) en el cantón Milagro, provincia de Guayas*. Universidad Agraria del Ecuador. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JIMENEZ%20BUSTOS%20ERICKA%20LISBETH.pdf>
- Lagos, T. (2022). *Fitohormonas y Reguladores del Crecimiento Vegetal*. Intagri. Retrieved 2026, from <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/biosintesis-de-las-fitohormonas-y-reguladores-de-crecimiento>
- Loeza Lara, Jimenez Mejia, R., & Santoyo, G. (2024). *The effect of biostimulants on horticultural crops*. *Horticulturae*, 10(10), 1086. <https://www.mdpi.com/2311-7524/10/10/1086>
- Murillo, L. (2023). *Diagnóstico del manejo técnico del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en pequeños productores del cantón El Carmen, Manabí*. ULEAM. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/4656/1/ULEAM-AGRO-0171.pdf>
- Perez-Jaramillo. (2023). *Impact of plant biostimulants on root health and soil interactions*. *Trends in Plant Science*, 28(7), 728–740. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2023.02.004>

Ramos, J. (2019). *Caracterización y tipificación de fincas productoras de cacao (Theobroma cacao L.) Nacional y CCN51 en el Cantón Montalvo - Los Ríos, Ecuador.*

UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS

AGROPECUARIAS.

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JIMENEZ%20BUSTOS%20ERICKA%20LISBETH.pdf>

Rohman, F., Wachjar, A., Santosa, E., & Abdoellah, S. (2019). Humic acid and biofertilizer applications enhanced pod and cacao bean production during the dry season at Kaliwining Plantation, Jember, East Java, Indonesia. *Journal of Tropical Crop Science*, 6(3), 153–163. <https://doi.org/10.29244/jtcs.6.03.153-163>

Ruzzi, M., & Aroca, R. (2024). *Plant biostimulants and abiotic stress mitigation. Applied Soil Ecology*, 192, 104741. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104741>

Saltos, P. (2024). *Impacto de las exportaciones de cacao en el desarrollo económico del Ecuador, periodo 2015-2019.* UCSG.

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/23063/1/UCSG-C452-22627.pdf>

Santoyo, G. (2024). *Plant growth-promoting microorganisms and biostimulants in sustainable agriculture. Plants*, 13(4), 512. <https://doi.org/10.3390/plants13040512>

Torres, J. A., & Ramos, R. A. (2024). *Silicio como Bioestimulante en el Cultivo de Cacao (Theobroma cacao L.) y Agente de Control Biológico de Moniliophthora roreri.* Scielo. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-5779202400010054

Van Oosten. (2023). *The role of biostimulants in plant stress tolerance. Scientia Horticulturae*, 321, 112289. <https://www.sciencedirect.com/journal/scientia-horticulturae/vol/196>

Velastegui, P. (2019). *Investigación del cacao de Santo Domingo de los Tsáchilas para sus múltiples usos en la gastronomía Trabajo de investigación.* UFQU.

<https://repositorio.usfq.edu.ec/jspui/bitstream/23000/8457/1/143700.pdf>

Zulfikri, R., Rusmana, Ritawati, S., & Isminingsih, S. (2025). Growth response of cacao (*Theobroma cacao* L.) Clone ICCRI 06 H to various doses of humic acid and NPK fertilizer. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan (JAT)*, 6(1), 31–41.
<https://doi.org/10.35791/jat.v6i1.61948>