



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROPECUARIO**

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA APLICACIÓN DE CUATRO
INSUMOS CON EFECTO BIOESTIMULANTE APLICADO AL SISTEMA
RADICULAR DEL CACAO**

**AUTORES: - BASURTO CASTILLO LUIS ISAAC
- CEDILLO TORRES DAVID GUSTAVO**

DIRECTOR: ING. PATRICIO VACA PAZMIÑO Mgs.

SANTO DOMINGO

2026

INTRODUCCIÓN



EL CACAO (*Theobroma cacao* L.)

Cultivo estratégico para el Ecuador, con alta importancia económica, social y productiva. Su rendimiento depende directamente del estado fitosanitario del sistema radicular y la mazorca.

PROBLEMAS FITOSANITARIOS

Las enfermedades del cultivo afectan directamente la raíz y el desarrollo general de la planta, provocando:

- Reducción en absorción de nutrientes.
- Disminución del crecimiento vegetativo.
- Pérdidas productivas significativas.

IMPORTANCIA DEL SISTEMA RADICULAR

El sistema radicular del cacao es fundamental para:

- Absorción de agua y nutrientes.
- Anclaje y estabilidad de la planta.
- Desarrollo vegetativo y productivo.

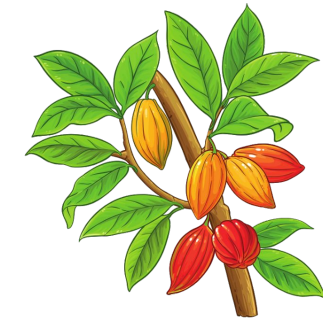
Un sistema radicular sano mejora la resistencia frente a enfermedades y estrés ambiental.

ALTERNATIVA SOSTENIBLE

El uso de insumos con efecto bioestimulantes, incrementa la biomasa radicular y la sanidad de las raíces. Generando una producción estable.



OBJETIVOS



OBJETIVO GENERAL

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

1

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

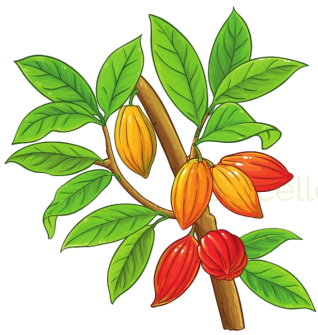
2

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

3

Analizar la relación costo-beneficio, para determinar el tratamiento más rentable y sostenible para el productor.

Borcelle University | 2025



Borcelle University | 2025



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

Ubicación geográfica

Figura 1. Localización Geográfica De La Investigación



Coordenadas X: 695565.502; Y: 9990837.021

Ubicación política

País	Ecuador
Provincia	Santo Domingo de los Tsáchilas
Cantón	Santo Domingo
Parroquia	Valle Hermoso
Sector	Km 6 - Recinto Cristobal Colón

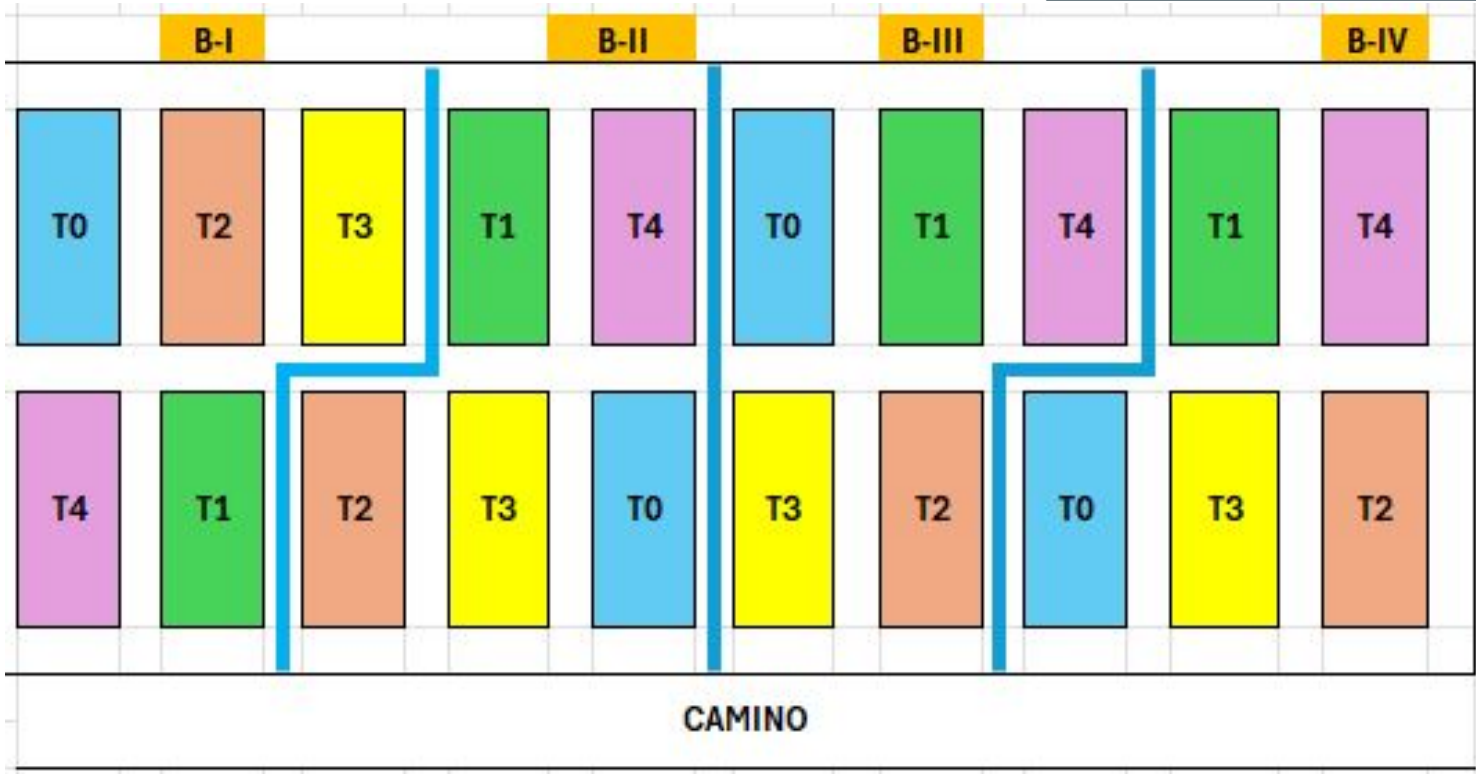
Ubicación ecológica

Zona de vida	Bosque húmedo tropical
Altitud	370 msnm
Precipitación	3200 mm/año
Suelos	Franco y arenoso

METODOLOGÍA

Croquis del ensayo

Figura 2. Croquis del Modelo de U.E



Características UE

Distanciamiento del cultivo	3,5 m 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
Tipo del ensayo	Cuadrado
Población total	200

DISEÑO EXPERIMENTAL

Tabla 1. Descripción de los tratamientos a comparar.

Tratamiento	Descripción
T0	Testigo
T1	Cytokin + solugro + Boro zinc 10-10
T2	Alcaplant-New + solugro + Boro zinc 10-10
T3	Ca 60 NT líquido
T4	Alcaplant-New + Ácido Húmico 75%

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



DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un esquema bifactorial 4x2

Cuatro insumos y **dos** frecuencias de aplicación

+

Un **testigo** conducido por un diseño de bloques completos al azar (**DBCA**) distribuido en **4 bloques**

=

4 tratamientos más un testigo, generó un total de **20** unidades experimentales.

Tabla 2. Modelo De Análisis De Varianza

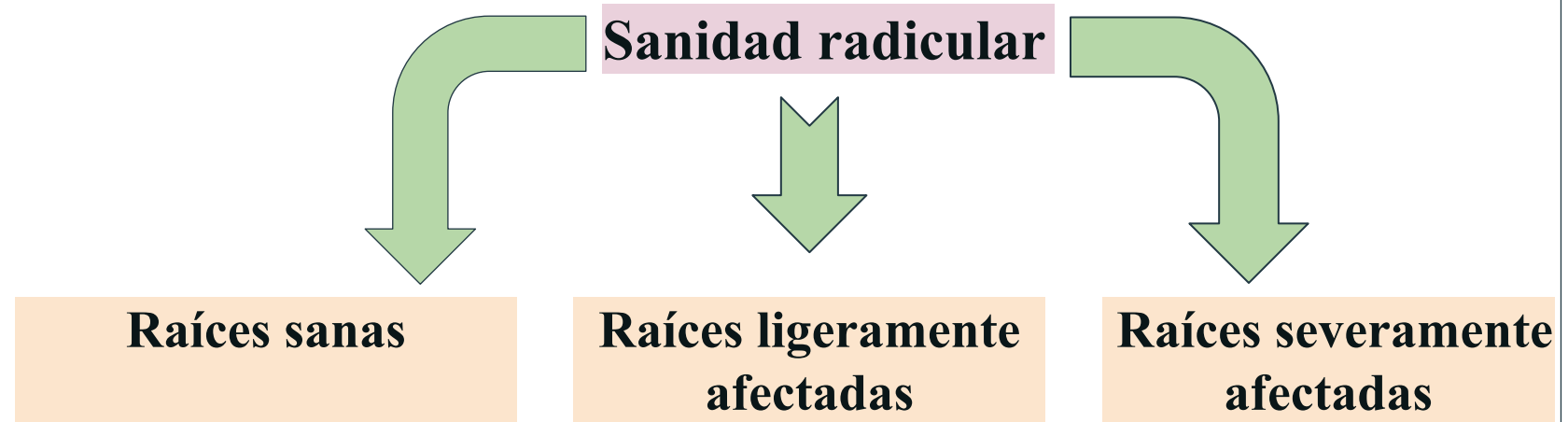
Fuente de variación	Modelo matemático	Grados de libertad
Repeticiones	$r-1$	$4-1=3$
Tratamientos (T)	$t-1$	$5-1=4$
Error (e)	$N-t$	$20-5=15$
TOTAL	$(r*t)-1$	$20-1=19$
T=tratamientos r=repeticiones N=observaciones		



METODOLOGÍA

Variables evaluadas

Biomasa radicular



METODOLOGÍA

Actividades de laboratorio: Parámetros físicos y químicos

Imagen 1. Recolección de las muestras



Imagen 2. Pesaje y etiquetado



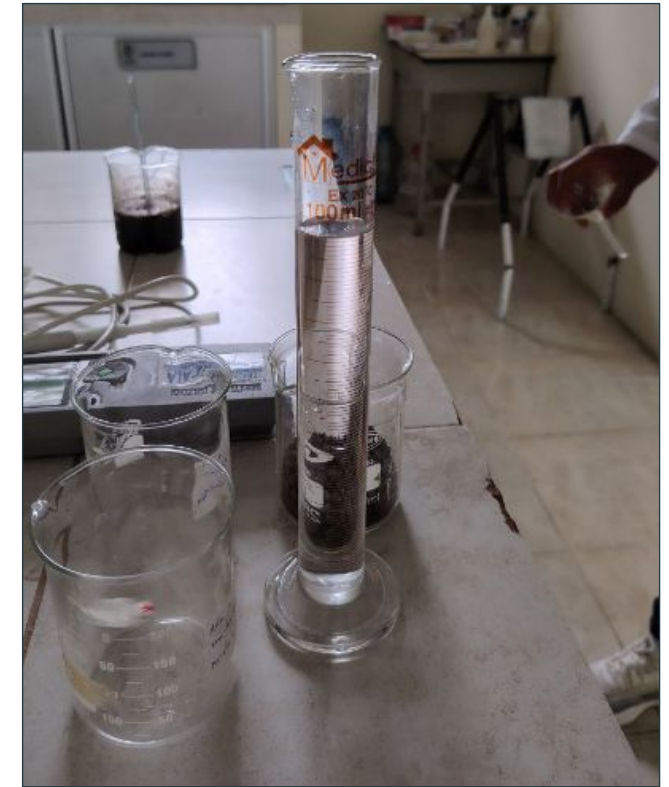
Imagen 3. Preparación y tamizado de las muestras



Imagen 4. Secado en la estufa



Imagen 5. Determinación de la textura del suelo



METODOLOGÍA

Actividades de laboratorio: Parámetros físicos y químicos

Imagen 6. Determinación de la densidad aparente



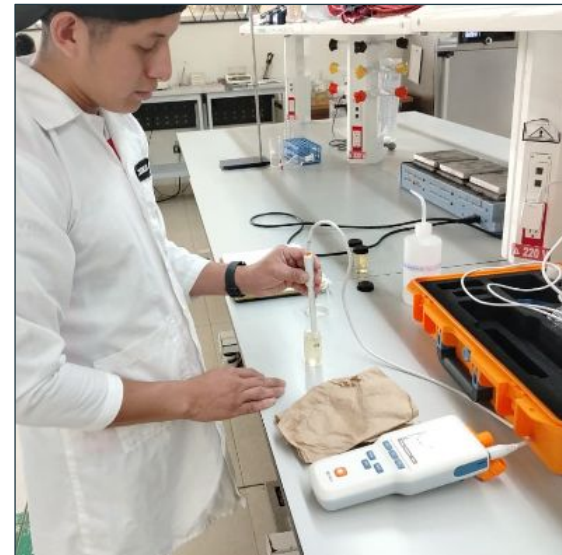
Imagen 8. Medición del pH del suelo



Imagen 7. Determinación de la densidad real y porosidad



Imagen 9. Medición de la conductividad eléctrica



METODOLOGÍA

Métodos específicos del manejo del experimento

Imagen 10. Delimitación de parcelas



Imagen 12. Podas fitosanitarias



Imagen 11. Rotulación de los tratamientos



Imagen 13. Control de malezas



METODOLOGÍA

Métodos específicos del manejo del experimento

Imagen 14. Dosificación de los insumos



Imagen 15. Aplicación de los insumos en los tratamientos



Imagen 16. Realización de calicatas en los tratamientos



Imagen 17. Toma de datos



RESULTADOS Y DISCUSIONES

Parámetros físicos y químicos

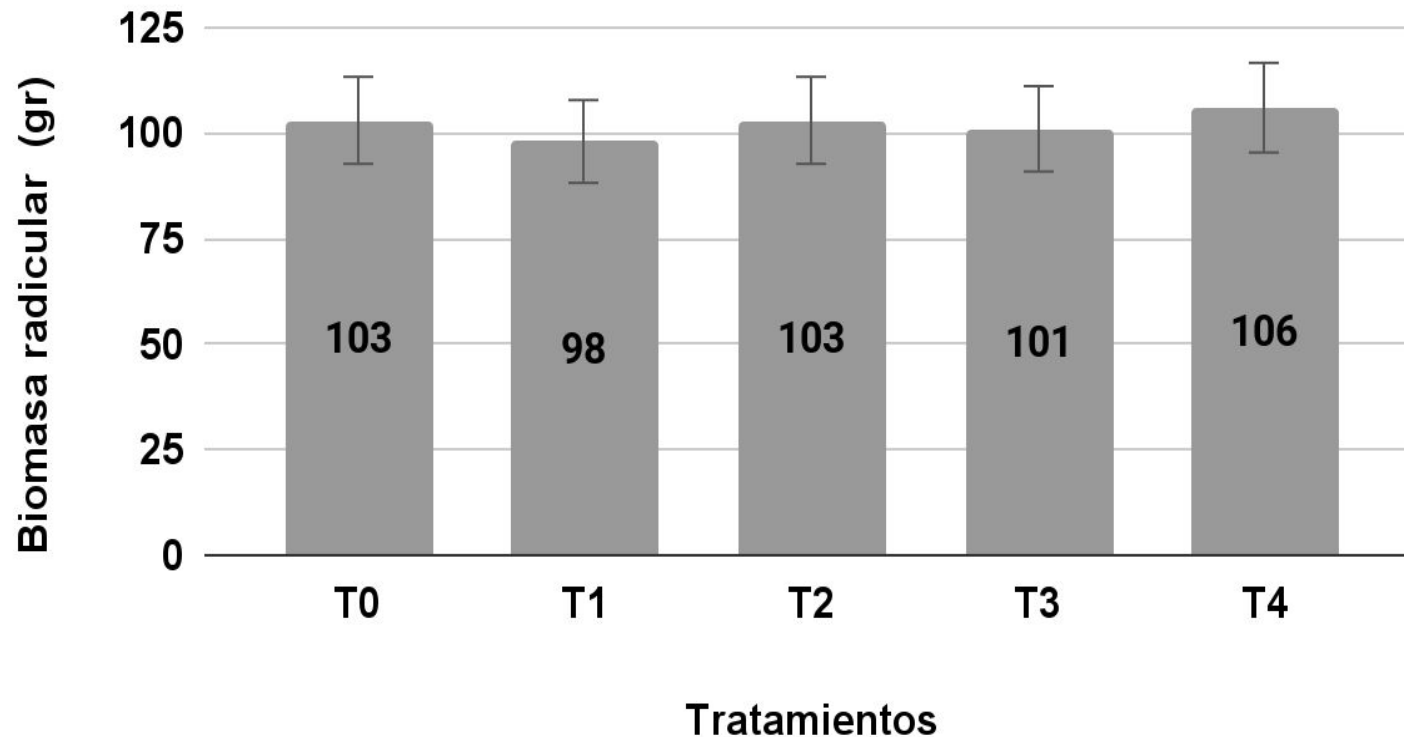
Parámetros físicos y químicos	Cantidad
Densidad aparente	0,51 gr/cm ³
Densidad real	2,65 gr/cm ³
Porosidad	80 % Alta
Textura	Franco arenoso
Estructura	Buena
pH	6,1
Conductividad eléctrica	511 us/cm

Los valores físicos y químicos muestran un suelo de excelente calidad para el desarrollo radicular del cacao (*Theobroma cacao L.*).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Biomasa radicular

Peso de la biomasa radicular a los 0 días después de la aplicación de los insumos

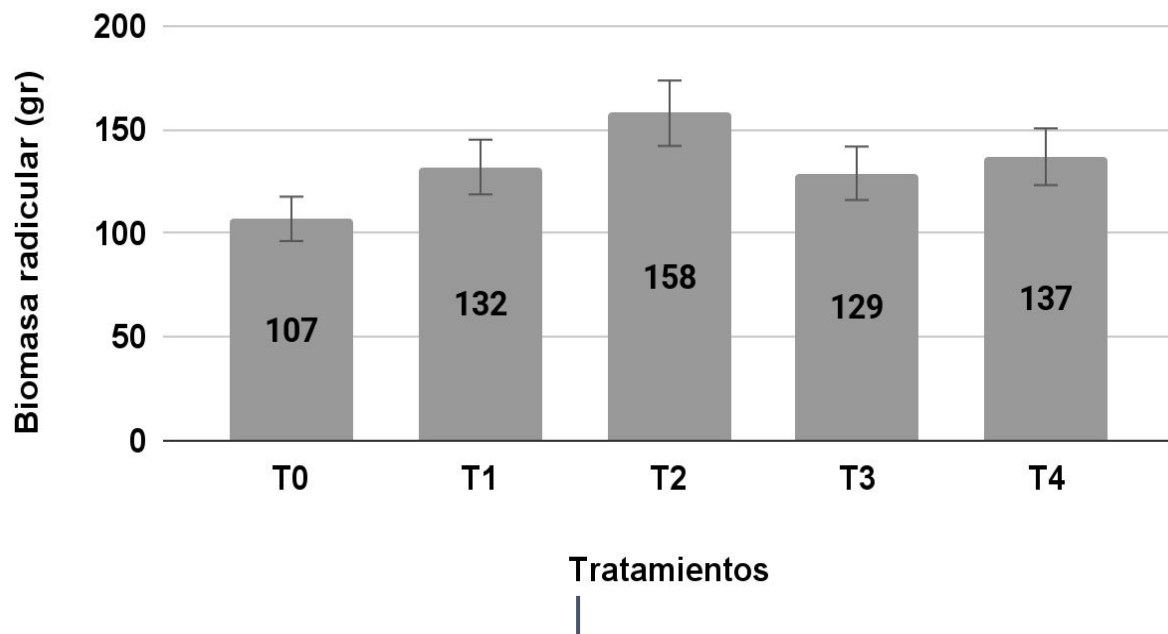


No se observaron diferencias significativas entre tratamientos, evidenciando condiciones iniciales homogéneas. Esto valida el diseño experimental y permite atribuir los efectos posteriores a los bioestimulantes aplicados. La uniformidad inicial es clave en estudios fisiológicos (Di Sario, 2025).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Biomasa radicular

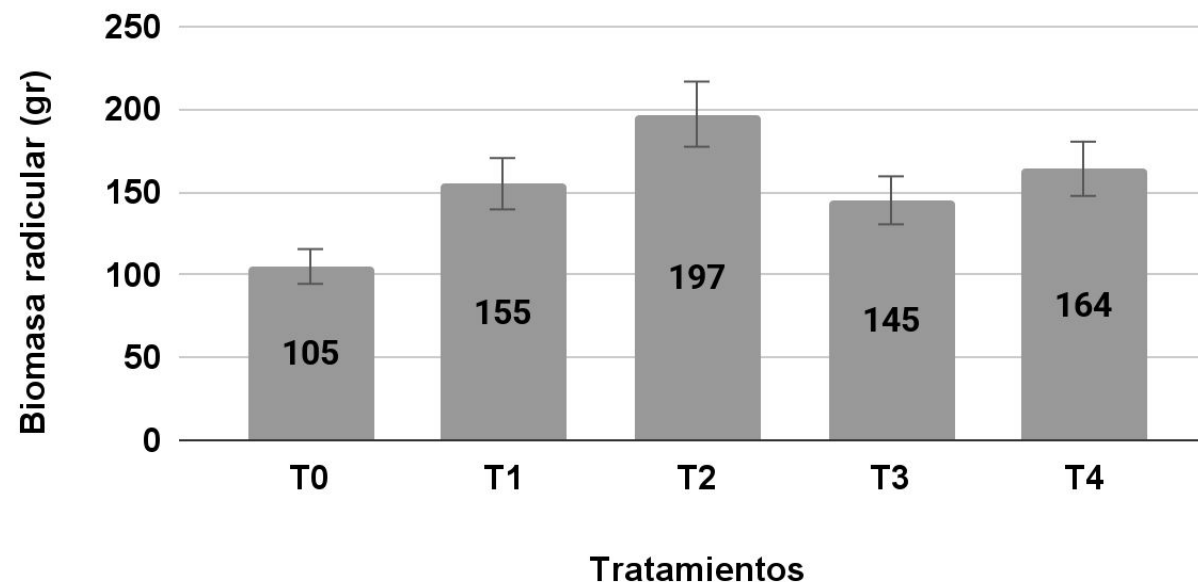
Peso de la biomasa radicular a los 30 días después de la aplicación de los insumos (1ra aplicación)



El T2 mostró un incremento notable frente al testigo. La combinación de calcio y micronutrientes favoreció la división y elongación celular radicular. Resultados similares han sido reportados por Loeza Lara et al. (2024).

El T2 alcanzó el mayor desarrollo radicular (+87,6% vs T0). Se evidencia un efecto sostenido tras la segunda aplicación. Los bioestimulantes pueden generar efectos prolongados en la arquitectura radicular (Brito López, 2025).

Peso de la biomasa radicular a los 60 días después de la aplicación de los insumos (2da aplicación)



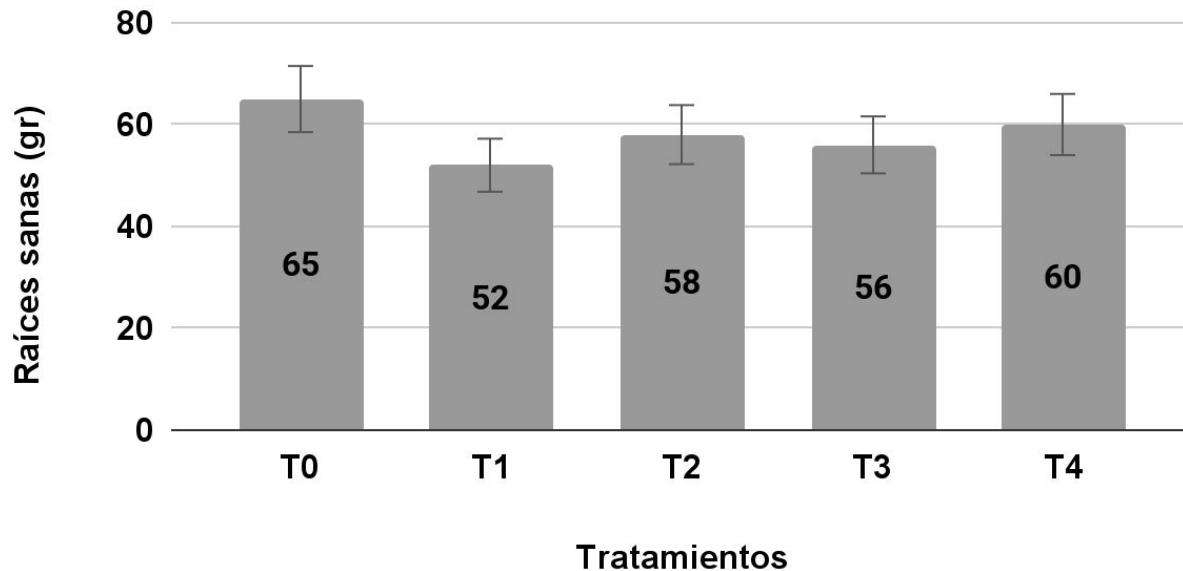
RESULTADOS Y DISCUSIONES

Raíces sanas

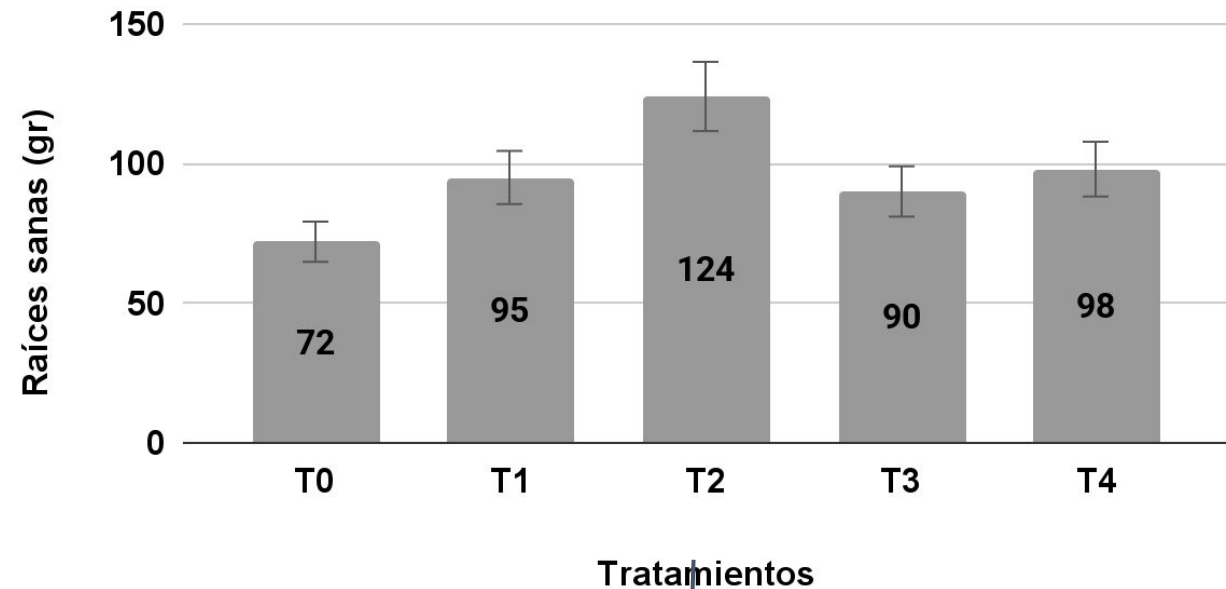
Los tratamientos iniciaron sin diferencias estadísticas. Las plantas presentaron condiciones fisiológicas similares.

La homogeneidad inicial fortalece la validez del experimento (Bulgari, 2023).

Peso de raíces sanas a los 0 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)

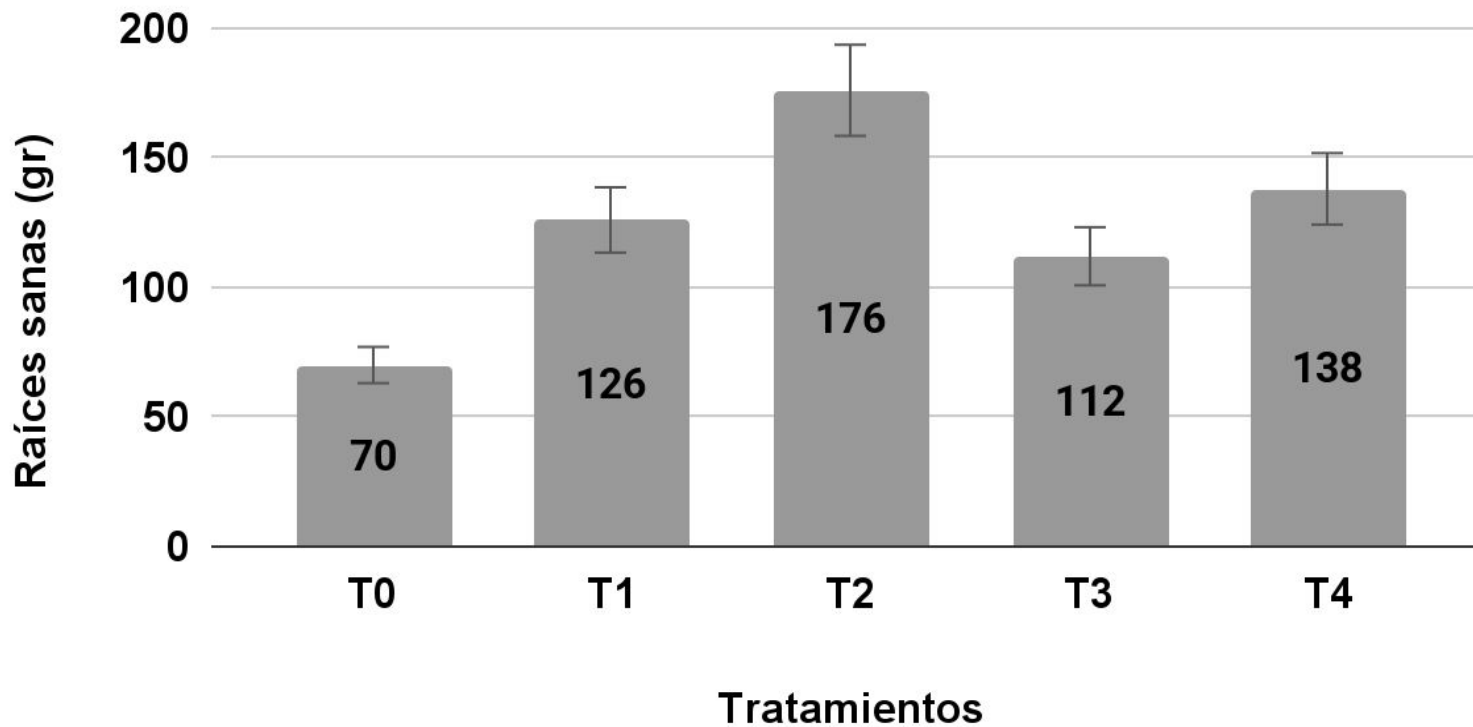


El T2 comenzó a destacar en peso de raíces sanas. Se observa activación metabólica y fortalecimiento tisular. Van Oosten (2023) menciona que los bioestimulantes mejoran la integridad celular radicular.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Raíces sanas

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

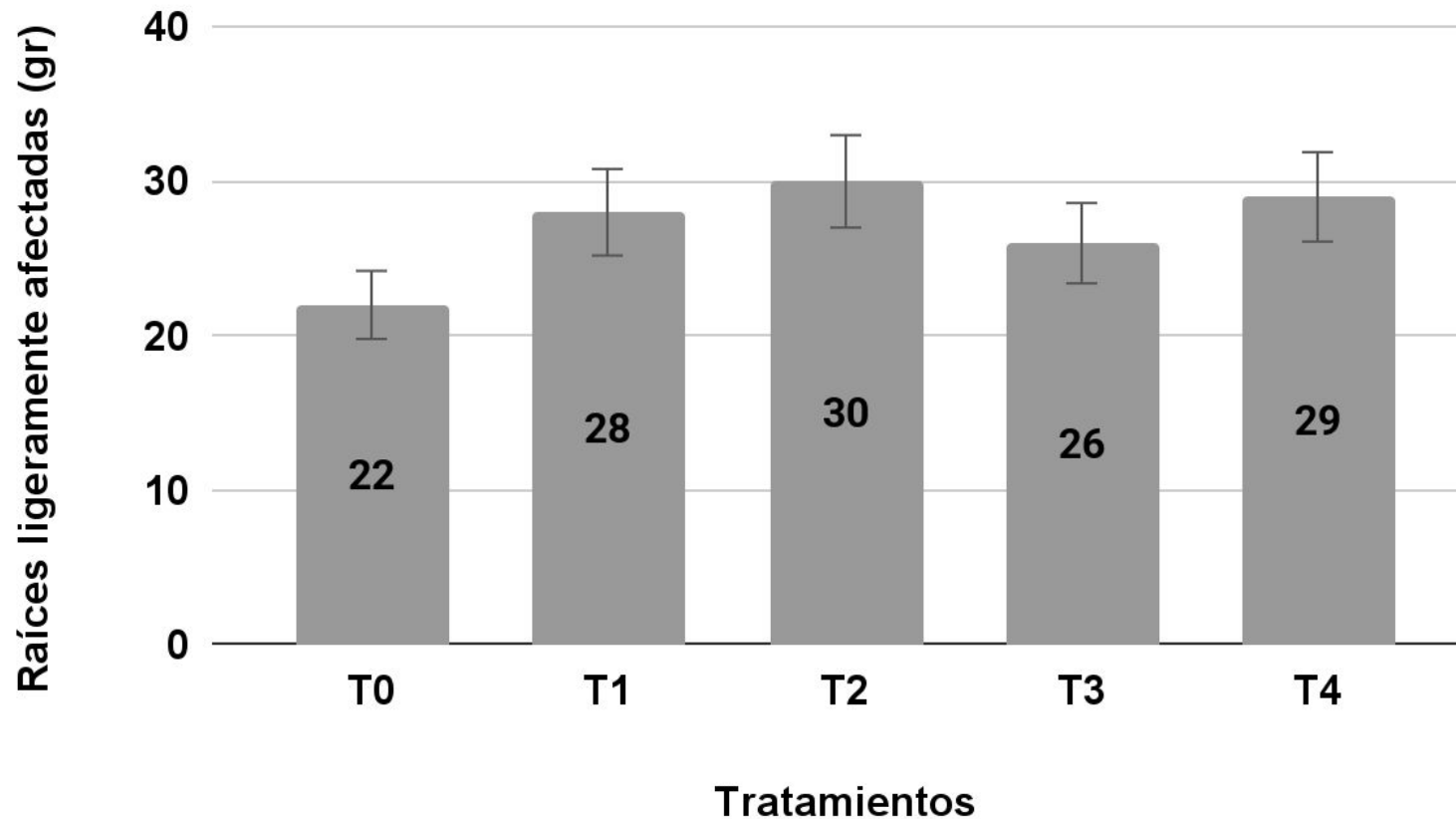


El T2 presentó el mayor peso de raíces sanas.
Se evidencia mayor funcionalidad y absorción de nutrientes.
Coincide con estudios sobre resiliencia radicular ante estrés (Deivi & Thakur, 2025).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Raíces ligeramente afectadas

Peso de raíces ligeramente afectadas a los 0 días después de la aplicación de los insumos

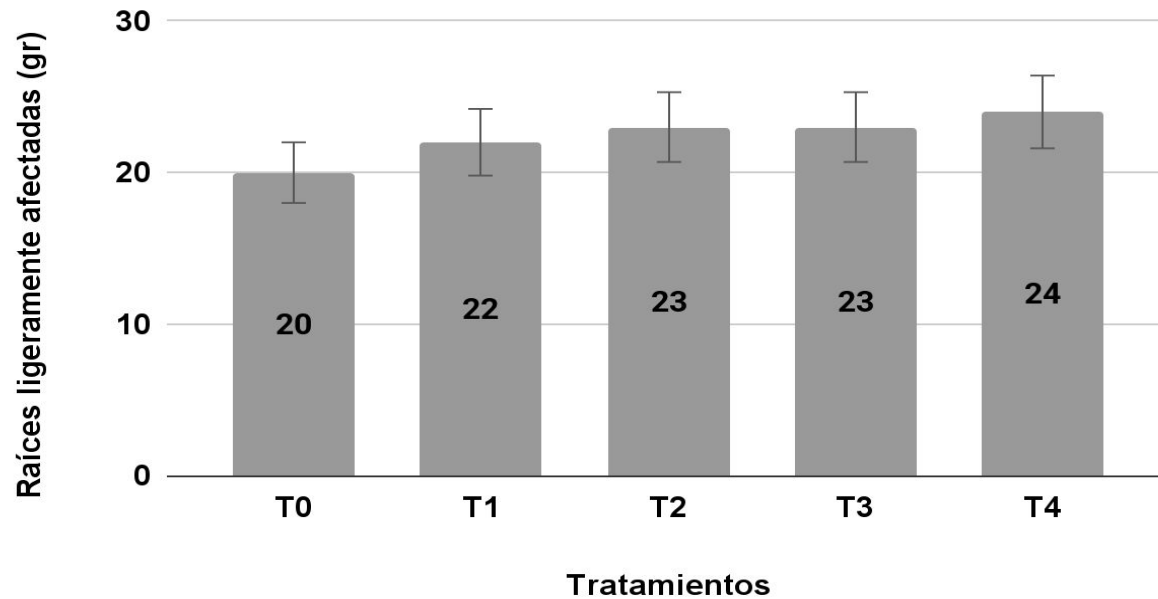


No existieron diferencias significativas iniciales. Las variaciones fueron normales dentro del rango experimental. La uniformidad sanitaria es esencial en este tipo de estudios (Bulgari, 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Raíces ligeramente afectadas

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

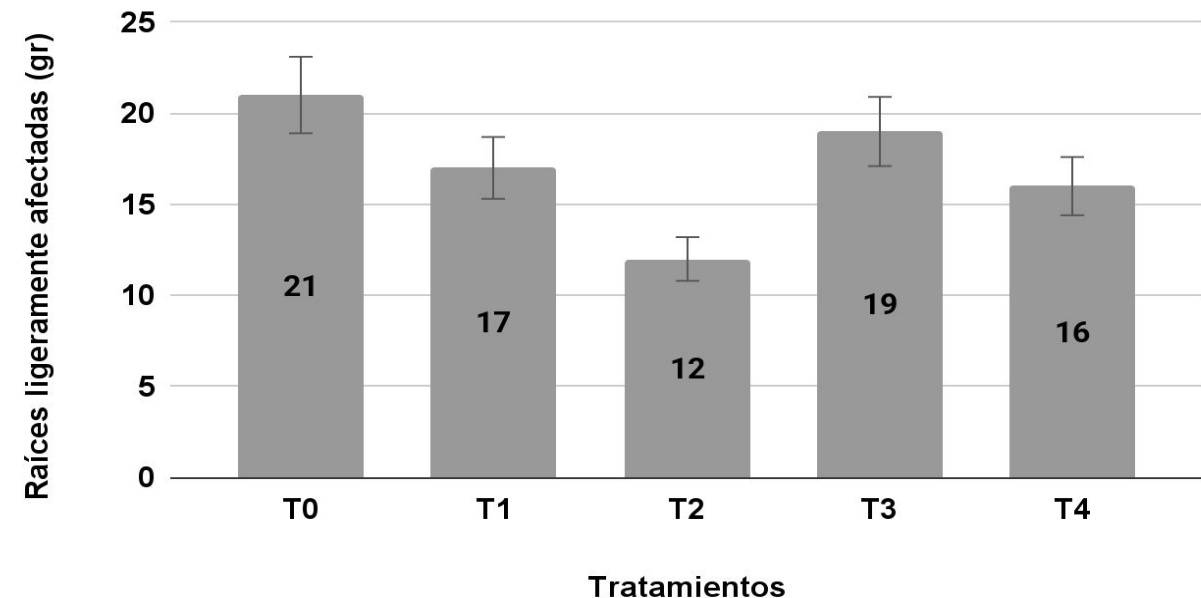


Se observó reducción progresiva del tejido afectado. Indica procesos de regeneración radicular activa. Frioni (2024) señala que los bioestimulantes activan enzimas antioxidantes.

El T2 presentó la menor afectación (12 g). Se evidencia efecto protector y recuperación tisular.

Santoyo (2024) reporta efectos sinérgicos del B y Zn en estabilización celular.

Peso de raíces ligeramente afectadas a los 60 días después de la aplicación de los insumos(2da aplicacion)

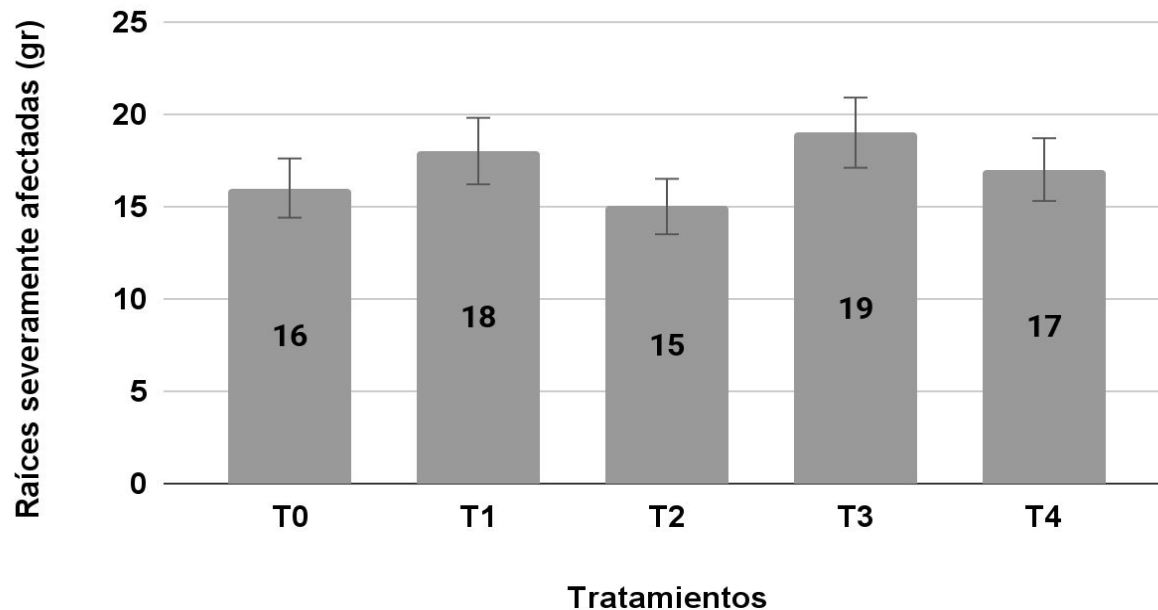


RESULTADOS Y DISCUSIONES

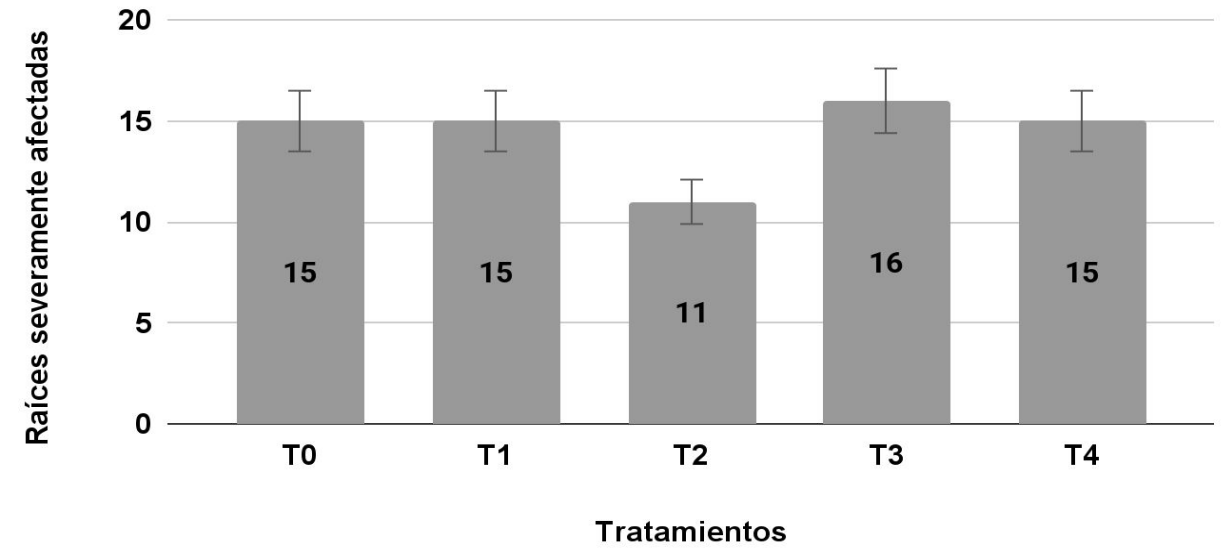
Raíces severamente afectadas

Condiciones iniciales homogéneas.
No hubo diferencias significativas entre
tratamientos.
Esto respalda la confiabilidad del diseño
(Bulgari, 2023).

Peso de raíces severamente afectadas a los 0 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)

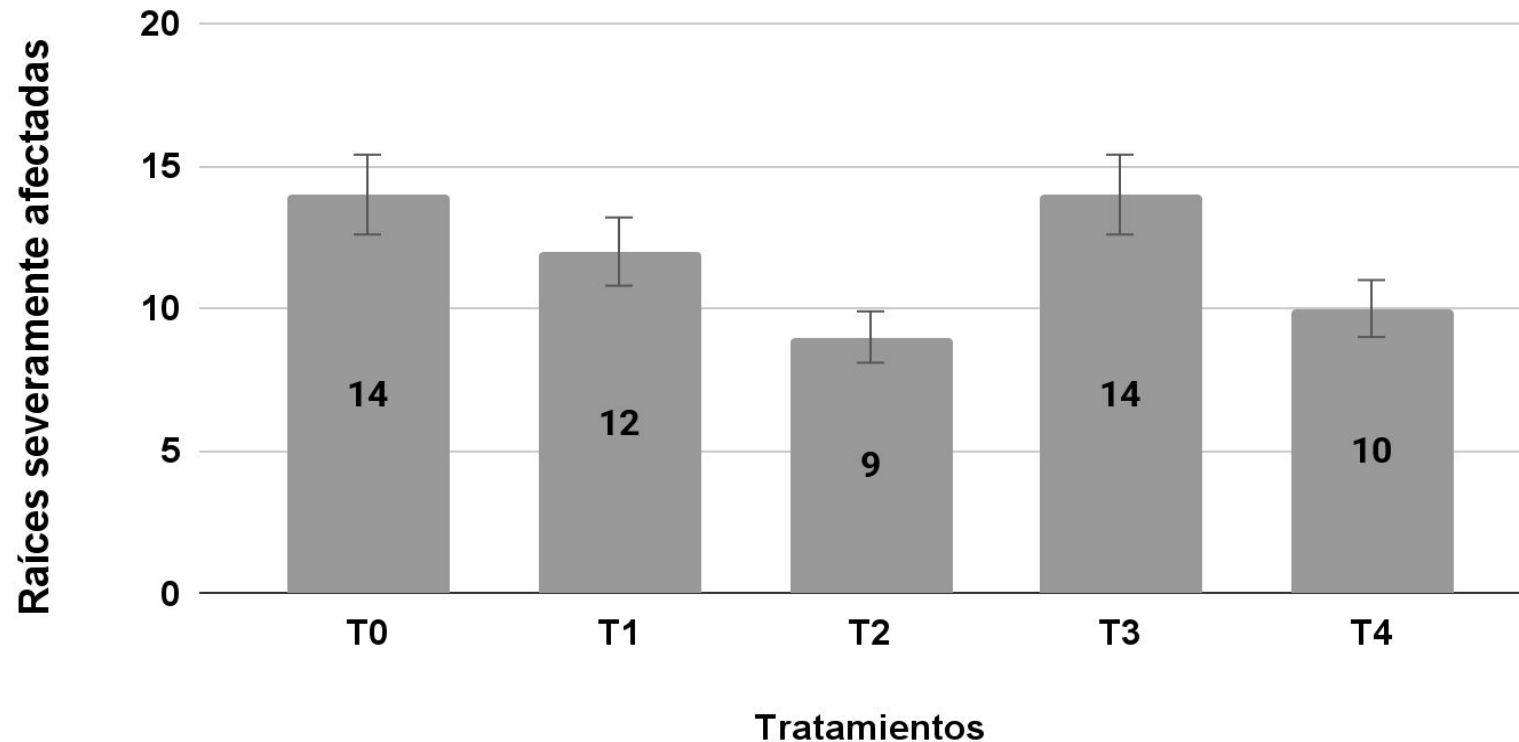


Se redujo el daño en tratamientos con
bioestimulantes.
El T2 mostró respuesta más rápida.
Ruzzi & Aroca (2024) reportan mejora en
tolerancia al estrés radicular.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Raíces severamente afectadas

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



El T2 registró el menor daño severo (9 g). Se confirma su efecto protector y estabilizador fisiológico. Chiaiese (2024) menciona una reducción del daño bajo el estrés prolongado.

RESULTADOS Y DISCUSIONES



Análisis del costo de los insumos

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

RESULTADOS Y DISCUSIONES

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

Se observa que el **T2** fue el más eficiente, en relación costo-beneficio alcanzando la mayor biomasa radicular (197 g) y mejor protección, justificando su costo de \$150/ha.

El **T4** (\$140/ha) mostró alto crecimiento de biomasa radicular (164 g), mientras que el **T1** y **T3** a los 60 días obtuvieron una biomasa de 155 y 145 gramos respectivamente

Descripción	Cantidad (ha)	Cos to (\$)	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 jornale aplicación en drench	20			20 \$	20 \$	20 \$
Recursos humanos	2 jornales aplicación foliar	20		40 \$			
Total, egresos/ha (\$)			0 \$	160 \$	150 \$	120 \$	140 \$

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.

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 comparar su eficacia en diversos tipos de entornos de producción.



Es importante complementar la utilización de bioestimulantes con técnicas de fertilización, prácticas sostenibles de manejo del suelo, controles fitosanitarios adecuados y labores culturales para maximizar los efectos positivos que se han observado en este estudio.



MUCHAS
GRACIAS

