

Artículo Científico

Ácidos húmicos y su influencia en la producción de cacao CCN-51

Humic acids and their influence on CCN-51 cocoa production



Zambrano-Morales, Dexy María ¹



<https://orcid.org/0009-0002-1087-8274>



dzambranom8@uteq.edu.ec



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo



Vinces-Tachong, Rómulo Enrique ²



<https://orcid.org/0009-0003-7045-6249>



romulo.vinces2016@uteq.edu.ec



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo



Murillo-Orellana, Diego Djorkaeff ³



<https://orcid.org/0009-0009-6317-5506>



diego.murillo2016@uteq.edu.ec



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Buena Fe



Muñoz-Montoya, Jairo Antonio ⁴



<https://orcid.org/0009-0001-8260-7273>



jmunozm3@uteq.edu.ec



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo.



Solorzano-Cedeño, Leonidas Jacinto ⁵



<https://orcid.org/0009-0008-9529-9506>



leonidas.solorzano2017@uteq.edu.ec



Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo.

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n2/190>

Resumen: El cacao es un cultivo estratégico en Ecuador por su importancia económica y social, por lo que resulta necesario incorporar alternativas sostenibles que fortalezcan su productividad. El estudio se desarrolló en Buena Fe, Los Ríos, Ecuador, en predios de la Fundación Maquita Cushunchic MCCH, con el objetivo de evaluar el efecto de bioestimulantes orgánicos a base de ácidos húmicos sobre la producción de cacao CCN-51. Se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con cinco tratamientos: T1, Ferti Producción 2 L/ha; T2, Ferti LAC 2 L/ha; T3, Ferti Plus 2 L/ha; T4, Producción + Algas 2 L/ha; y T5, agua. Se evaluaron variables fenológicas, fitosanitarias, productivas y económicas. T2 presentó el mejor desempeño con 23 cojines, 5 flores, 5,6% de cherrille wilt, 7,64% de *Phytophthora* spp., 6,25% de moniliasis, 119 mazorcas sanas y 2210,32 kg/ha. Además, registró relación beneficio/costo de 5,00 y rentabilidad de 399,95%, lo que refleja su potencial como alternativa sostenible para mejorar la productividad y la eficiencia económica del cultivo.

Palabras clave: fenología, productividad, fitosanidad, rentabilidad, bioestimulación.



Check for updates

Received: 18/Mar/2026
Accepted: 14/Abr/2026
Published: 29/Abr/2026

Cita: Zambrano-Morales, D. M., Vincés-Tachong, R. E., Murillo-Orellana, D. D., Muñoz-Montoya, J. A., & Solorzano-Cedeño, L. J. (2026). Ácidos húmicos y su influencia en la producción de cacao CCN-51. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 4(2), 210-225. <https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v4/n2/190>

Revista Científica Ciencia y Método (RCyM)
<https://revistacym.com>
revistacym@editorialgrupo-aea.com
info@editoriagrupo-aea.com

© 2026. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.



Abstract:

Cacao is a strategic crop in Ecuador due to its economic and social importance, making it necessary to incorporate sustainable alternatives that enhance its productivity. The study was conducted in Buena Fe, Los Ríos, Ecuador, on land owned by the Maquita Cushunchic Foundation (MCCH), with the aim of evaluating the effect of organic biostimulants based on humic acids on the production of CCN-51 cacao. A completely randomized block design was applied with five treatments: T1, Ferti Producción 2 L/ha; T2, Ferti LAC 2 L/ha; T3, Ferti Plus 2 L/ha; T4, Producción + Algas 2 L/ha; and T5, water. Phenological, phytosanitary, productive, and economic variables were evaluated. T2 showed the best performance with 23 suckers, 5 flowers, 5.6% cherville wilt, 7.64% *Phytophthora* spp., 6.25% moniliasis, 119 healthy pods, and 2,210.32 kg/ha. In addition, it recorded a benefit-to-cost ratio of 5.00 and a profitability of 399.95%, reflecting its potential as a sustainable alternative to improve crop productivity and economic efficiency.

Keywords: phenology, productivity, plant health, profitability, biostimulation.

1. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.), y en particular materiales de alta productividad como CCN-51, ocupa un lugar estratégico en la agricultura tropical debido a su relevancia económica y a su papel dentro de sistemas productivos que actualmente enfrentan exigencias simultáneas de mayor rendimiento, estabilidad fisiológica y sostenibilidad (Armengot et al., 2023). En este contexto, la productividad del cultivo se encuentra condicionada por factores asociados al manejo agronómico, la calidad del material vegetal y la capacidad de los sistemas de producción para adaptarse a condiciones ambientales variables (Orozco-Aguilar et al., 2024). Estas limitaciones reflejan la necesidad de optimizar las estrategias de manejo para mejorar el desempeño del cultivo sin incrementar los impactos negativos sobre el ambiente.

A nivel fisiológico el cacao es una especie altamente sensible a variaciones en la disponibilidad hídrica, la nutrición y el ambiente de cultivo, condiciones que inciden directamente sobre el crecimiento, la actividad metabólica y la productividad; el estrés hídrico ha sido identificado como un factor que restringe el desarrollo y reduce el rendimiento en clones comerciales, lo que evidencia la importancia de implementar estrategias orientadas a mejorar la estabilidad fisiológica del cultivo (Osorio et al., 2021). La respuesta del cacao frente a estreses bióticos y abióticos depende del uso eficiente de recursos como la luz, el agua y los nutrientes, así como de la interacción entre estos factores dentro del sistema productivo (Jaimes-Suárez et al., 2022).

A estas limitaciones se suma la presión fitosanitaria, particularmente en ambientes tropicales húmedos donde enfermedades como la moniliasis y las causadas por

Phytophthora spp. afectan de manera significativa la producción comercial, en cacao CCN-51, el manejo de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp. constituye un componente determinante del sistema productivo, debido a su impacto directo sobre la sanidad de los frutos y el rendimiento (Anzules et al., 2019). De manera paralela, la nutrición del cultivo continúa siendo un factor clave para mejorar la productividad, especialmente en sistemas agroforestales donde la interacción suelo-planta adquiere mayor complejidad (Ballesteros et al., 2022).

En este escenario, los bioestimulantes han adquirido creciente relevancia como herramientas de manejo orientadas a promover procesos fisiológicos, mejorar la eficiencia en la absorción y uso de nutrientes y fortalecer la respuesta de las plantas frente a condiciones adversas (Rouphael & Colla, 2020). Dentro de este grupo, las sustancias húmicas destacan por sus efectos bioestimulantes y de bioprotección, al influir sobre el metabolismo vegetal, el crecimiento y la tolerancia al estrés en diferentes condiciones de cultivo (Jindo et al., 2020). Asimismo, los bioestimulantes de base húmica han sido asociados con respuestas fisiológicas y moleculares que contribuyen a mejorar la nutrición, el crecimiento y la resiliencia de las plantas, lo que refuerza su potencial dentro de estrategias de agricultura sostenible (Rathor et al., 2023).

Los ácidos húmicos, como una de las principales fracciones de las sustancias húmicas, presentan particular interés por su capacidad para mejorar las propiedades del suelo, incrementar la disponibilidad de nutrientes e inducir respuestas fisiológicas en las plantas, su aplicación, tanto al suelo como de forma foliar, se asocia con mejoras en la estructura edáfica, la dinámica nutricional y la estimulación del crecimiento vegetal (Kłeczek, 2022). Adicionalmente, su acción no se limita al ámbito edáfico, sino que también involucra procesos de regulación metabólica y mecanismos de protección frente a condiciones de estrés (Jindo et al., 2020).

Aunque la evidencia específica sobre el uso de ácidos húmicos en cacao aún es limitada frente a otros cultivos, los estudios recientes en la especie permiten sostener que el cacao responde favorablemente a compuestos con acción bioestimulante. El quitosano, por ejemplo, ha favorecido la propagación vegetativa por esquejes, lo que evidencia la sensibilidad del cultivo a estímulos bioquímicos asociados con el crecimiento inicial (Reyes-Pérez et al., 2021). De manera similar, los oligogalacturónidos han mostrado efectos positivos en la propagación de clones de cacao bajo condiciones controladas de vivero (Reyes-Pérez et al., 2023). También se ha reportado que el silicio, aplicado como bioestimulante, puede contribuir al desempeño del cultivo y al manejo complementario de la moniliasis causada por *Moniliophthora roreri* (Torres-Rodríguez et al., 2024).

Diversos estudios permiten sostener que el uso de bioestimulantes orgánicos a base de ácidos húmicos representa una alternativa técnicamente viable para mejorar el comportamiento agronómico del cacao CCN-51, al intervenir sobre procesos relacionados con la nutrición, el crecimiento, la formación de frutos y la respuesta

frente a condiciones limitantes del sistema, ante esto la presente investigación se orientó a evaluar el efecto de bioestimulantes orgánicos a base de ácidos húmicos sobre la producción del cultivo de cacao CCN-51, mediante el análisis de variables fenológicas, fitosanitarias, productivas y económicas, con el propósito de generar evidencia que contribuya a un manejo más eficiente y sostenible del cultivo.

2. Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el cantón Buena Fe, provincia de Los Ríos, Ecuador, en los predios de la Fundación Maquita Cushunchic MCCCH, localizados a 0° 50' 50.1" de latitud sur y 79° 29' 22.92" de longitud oeste, a una altitud de 110 m s.n.m. El estudio se enmarcó dentro de un enfoque experimental, orientado a evaluar el efecto de bioestimulantes orgánicos a base de ácidos húmicos sobre la producción del cultivo de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.), bajo condiciones de campo representativas de la zona cacaotera del litoral ecuatoriano.

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, considerando un solo factor de estudio correspondiente a la aplicación de bioestimulantes orgánicos. Cada unidad experimental tuvo una superficie de 448 m², previamente delimitada y distribuida en función del arreglo experimental. Los tratamientos evaluados consistieron en: T1, Fertimaquita producción; T2, Maquitalac con algas marinas; T3, Maquita plus; T4, Fertimaquita plus más Maquita plus; y T5, testigo con aplicación de agua, todos aplicados a una dosis de 2 L/ha, excepto el control.

El manejo agronómico del experimento se realizó bajo condiciones controladas para reducir la variabilidad externa. La aplicación de los bioestimulantes se efectuó de forma foliar utilizando una bomba de fumigación a motor, con un total de cuatro aplicaciones a intervalos de 15 días. El control de malezas se realizó manualmente con el fin de evitar competencia por nutrientes y agua. El riego se aplicó tres veces por semana durante un periodo de 20 semanas mediante sistema de cañón, asegurando la disponibilidad hídrica necesaria para el desarrollo del cultivo. En cuanto al manejo fitosanitario, se realizaron aplicaciones preventivas de ácido piroleñoso en tres ocasiones a una dosis de 2 L/ha, con el propósito de reducir la incidencia de insectos y enfermedades. La cosecha se efectuó de forma manual cuando los frutos alcanzaron la madurez fisiológica, aproximadamente a los 180 días después de la floración.

Las variables evaluadas comprendieron componentes fenológicos, fitosanitarios y productivos. La emisión de cojines florales y de flores se cuantificó en una sección de 20 cm en la parte basal del tronco principal, en la cara expuesta al sol, considerando 12 plantas por tratamiento. La incidencia de cherville wilt, *Phytophthora* spp. y *Moniliophthora roreri* se determinó mediante el conteo de mazorcas afectadas en las

mismas plantas, expresando los resultados en porcentaje. Asimismo, se registró el número de mazorcas sanas y enfermas por tratamiento.

Para la caracterización del fruto, se evaluó la longitud de mazorca mediante cinta métrica en una muestra de 10 frutos por tratamiento, el peso de mazorca con balanza digital en 12 frutos, el número de granos por fruto mediante conteo directo y el peso de 100 granos utilizando balanza analítica. El rendimiento se estimó a partir del peso total de la producción por tratamiento, extrapolado a kilogramos por hectárea.

El análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza, considerando como fuentes de variación los tratamientos y bloques. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia. La tabulación de datos se realizó en Excel 2016 y el procesamiento estadístico en el software Infostat. Adicionalmente, se efectuó un análisis económico basado en los costos de producción e ingresos generados por cada tratamiento, determinando la relación beneficio/costo mediante el cociente entre el ingreso bruto y el costo total de producción.

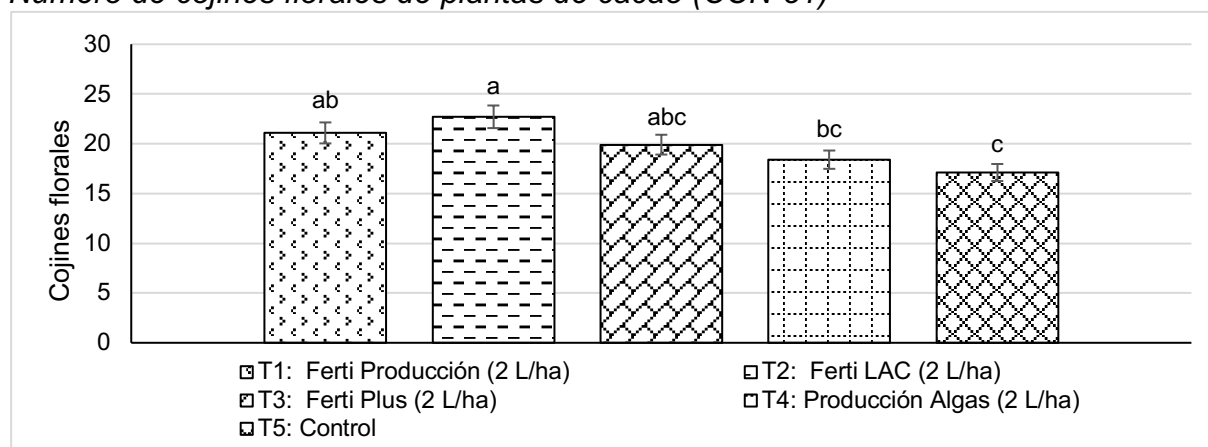
3. Resultados

3.1. Cojines florales

El análisis de la variable respecto a la emisión de cojines florales presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. El tratamiento T2 (Ferti LAC 2 L/ha) registró el mayor promedio de cojines con 23 unidades, seguido de T1 (Ferti Producción 2 L/ha) con 21 y T3 (Ferti Plus 2 L/ha) con 20 unidades. En cambio, T4 (Producción Algas 2 L/ha) y T5 (Control - Agua) mostraron los valores más bajos con 18 y 17 cojines, respectivamente, siendo este último (control) el de menor respuesta. El coeficiente de varianza fue de 8,21 (Figura 1).

Figura 1

Número de cojines florales de plantas de cacao (CCN-51)



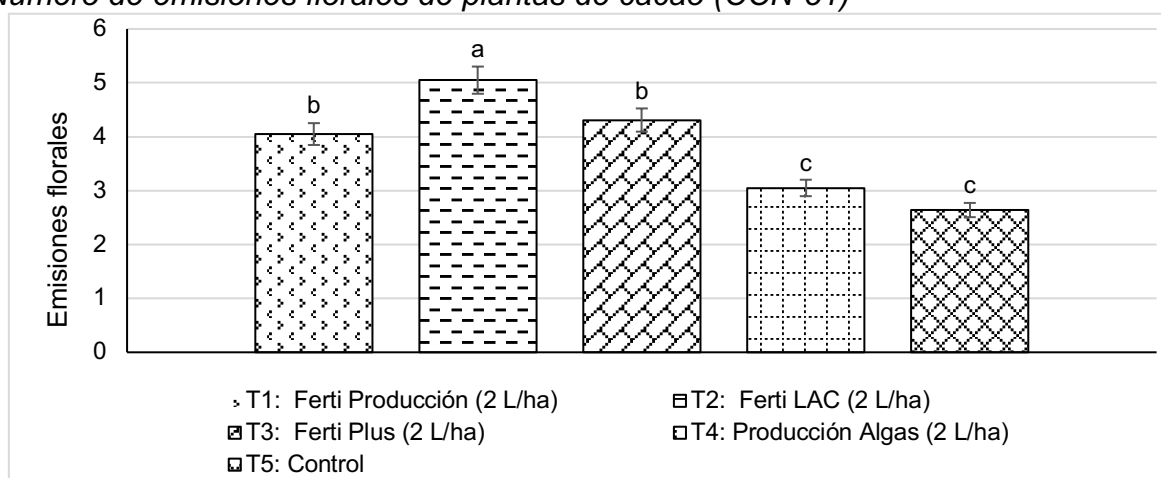
Nota: Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad (Autores, 2026).

3.2. Emisiones florales

Las emisiones florales presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. El T2 (Ferti LAC 2 L/ha) alcanzó el mayor número con un promedio de 5 emisiones, seguido por T1 (Ferti Producción 2 L/ha) y T3 (Ferti Plus 2 L/ha), ambos con 4 emisiones. En contraste, los tratamientos T4 (Producción Algas 2 L/ha) y T5 (Control) registraron los valores más bajos con 3 emisiones florales, siendo estos estadísticamente inferiores respecto al tratamiento de mayor respuesta. El coeficiente de varianza fue de 8,21 (Figura 2).

Figura 2

Número de emisiones florales de plantas de cacao (CCN-51)

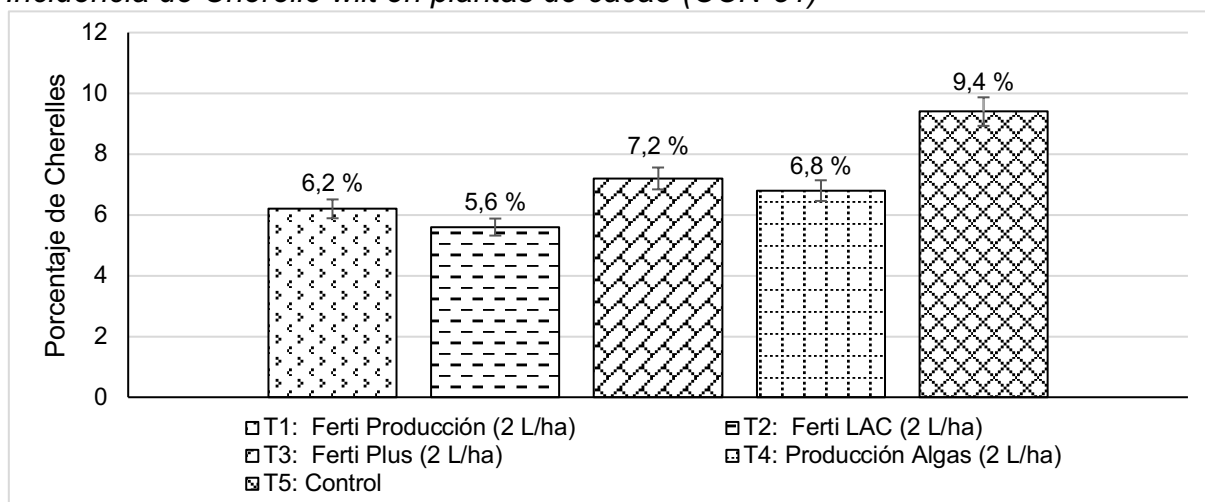


Nota: Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad (Autores, 2026).

3.3. Incidencia de Cherelle wilt

Respecto al análisis de la incidencia de cherelle wilt se evidenció una menor afectación en los tratamientos con aplicación de los bioestimulantes. El promedio más bajo se registró en T2 (Ferti LAC 2 L/ha) con 5,6 %, seguido de T1 (Ferti Producción 2 L/ha) con 6,2 %, T4 (Producción Algas 2 L/ha) con 6,8 % y T3 (Ferti Plus 2 L/ha) con 7,2 %. En contraste, el tratamiento T5 (Control) presentó la mayor media con 9,4 %, lo que indica que la aplicación de bioestimulantes contribuyó a reducir la pérdida de frutos en estado de cherelle (Figura 3).

Figura 3
Incidencia de Cherelle wilt en plantas de cacao (CCN-51)

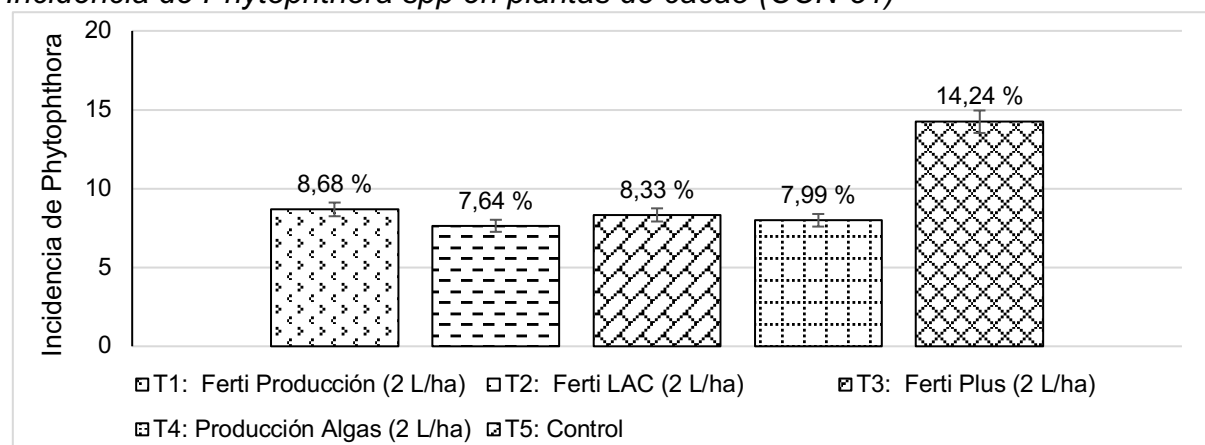


Nota: (Autores, 2026).

3.4. Incidencia de *Phytophthora* spp

Respecto al análisis de la incidencia de *Phytophthora* se evidenció una menor afectación en los tratamientos con aplicación de los bioestimulantes. El promedio más bajo se registró en T2 (Ferti LAC 2 L/ha) con 7,64 %, seguido de T4 (Producción Algas 2 L/ha) con 7,99 %, T3 (Ferti Plus 2 L/ha) con 8,33 % y T1 (Ferti Producción 2 L/ha) con 8,68 %. Por el contrario, el T5 (Control) alcanzó la mayor incidencia con 14,24 %, evidenciando una mayor susceptibilidad a la enfermedad en ausencia de los tratamientos aplicados (Figura 4).

Figura 4
*Incidencia de *Phytophthora* spp en plantas de cacao (CCN-51)*



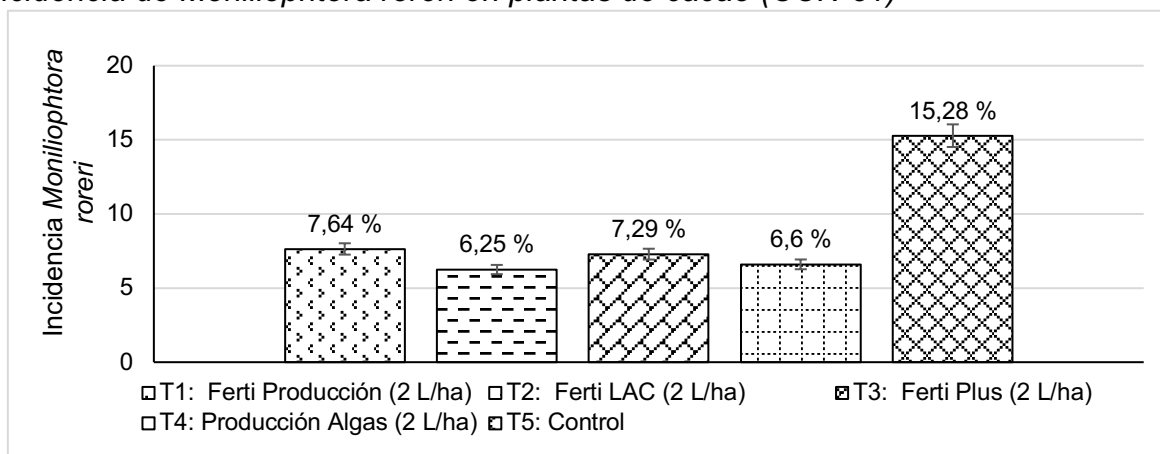
Nota: (Autores, 2026).

3.5. Incidencia de *Moniliophthora roreri*

El análisis sobre la incidencia de moniliasis reflejó una menor afectación en los tratamientos que recibieron bioestimulantes. El promedio más bajo fue obtenido por el T2 (Ferti LAC 2 L/ha) con 6,25 %, seguido por T4 (Producción Algas 2 L/ha) con 6,6 %, T3 (Ferti Plus 2 L/ha) con 7,29 % y T1 (Ferti Producción 2 L/ha) con 7,64 %. En

cambio, el T5 (Control) presentó el mayor promedio de incidencia con 15,28 %, lo que evidencia un incremento en la susceptibilidad a la enfermedad en ausencia de la aplicación de los bioestimulantes (Figura 5).

Figura 5
Incidencia de *Moniliophthora roreri* en plantas de cacao (CCN-51)

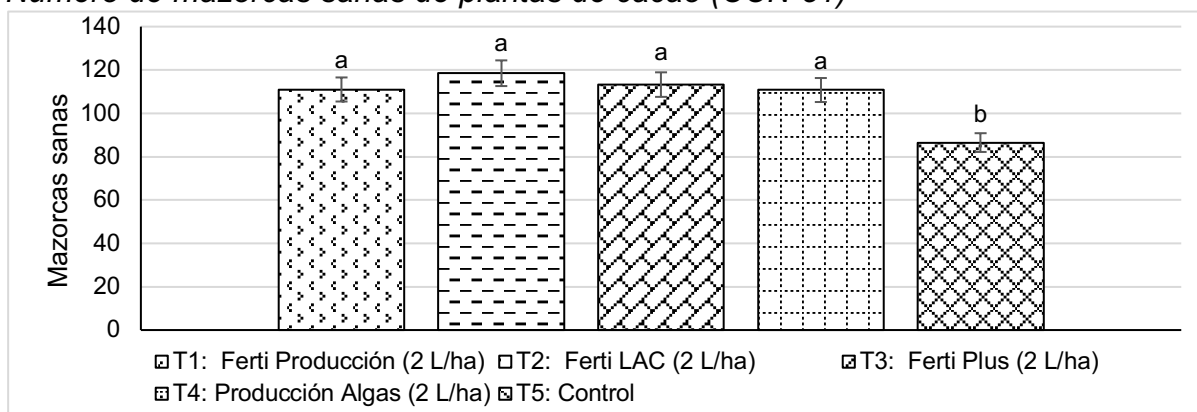


Nota: (Autores, 2026).

3.6. Mazorcas sanas

El análisis de la variable mazorcas sanas presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. El T2 (Ferti LAC 2 L/ha) alcanzó el mayor número con un promedio de 119 mazorcas sanas, seguido por T3 (Ferti Plus 2 L/ha) con 113, y T1 (Ferti Producción 2 L/ha) junto a T4 (Producción Algas 2 L/ha) con 111 mazorcas cada uno. Por otro lado, el T5 (Control) registró el promedio más bajo con 87 mazorcas sanas, siendo el más inferior de todos los tratamientos. El coeficiente de varianza fue de 5,39 (Figura 6).

Figura 6
Número de mazorcas sanas de plantas de cacao (CCN-51)



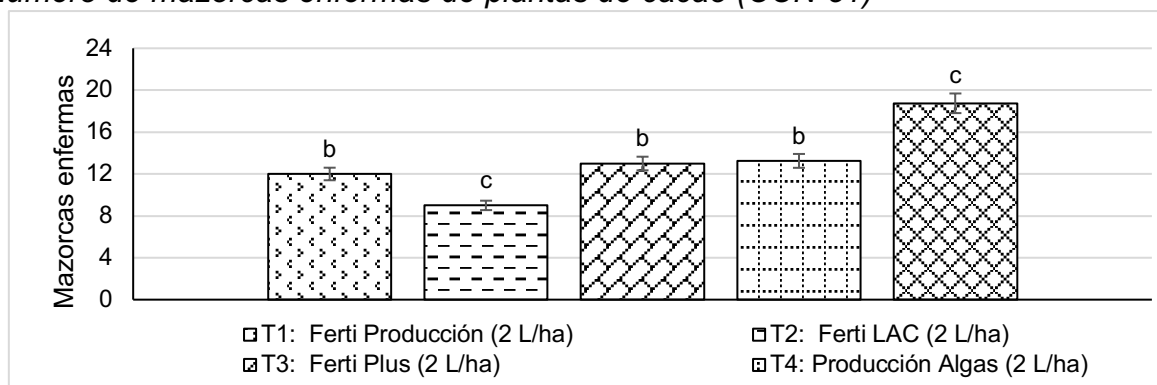
Nota: Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

3.7. Mazorcas enfermas

Las mazorcas enfermas presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. El T2 (Ferti LAC 2 L/ha) registró el menor número de frutos afectados

con un promedio de 9 mazorcas enfermas, seguido por T1 (Ferti Producción 2 L/ha) con 12, y T3 (Ferti Plus 2 L/ha) junto a T4 (Producción Algas 2 L/ha) con 13 mazorcas cada uno, por el contrario, el T5 (Control) alcanzó la mayor media con 19 mazorcas enfermas. El coeficiente de varianza fue de 7,15 (Figura 7).

Figura 7
Número de mazorcas enfermas de plantas de cacao (CCN-51)

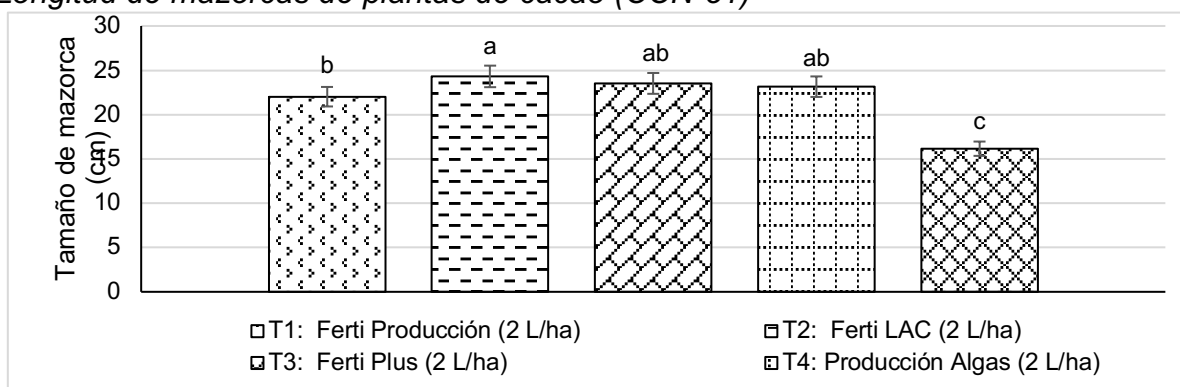


Nota: Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad (Autores, 2026).

3.8. Longitud de mazorca

El análisis de la variable longitud de mazorca presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. El T2 (Ferti LAC 2 L/ha) alcanzó la mayor media con 24,31 cm, seguido por T3 (Ferti Plus 2 L/ha) con 23,52 cm y T4 (Producción Algas 2 L/ha) con 23,15 cm, T1 (Ferti Producción 2 L/ha) presentó una longitud promedio de 22,02 cm. Por otra parte, el T5 (Control) registró la menor media con 16,15 cm. El coeficiente de varianza fue de 3,42 (Figura 8).

Figura 8
Longitud de mazorcas de plantas de cacao (CCN-51)



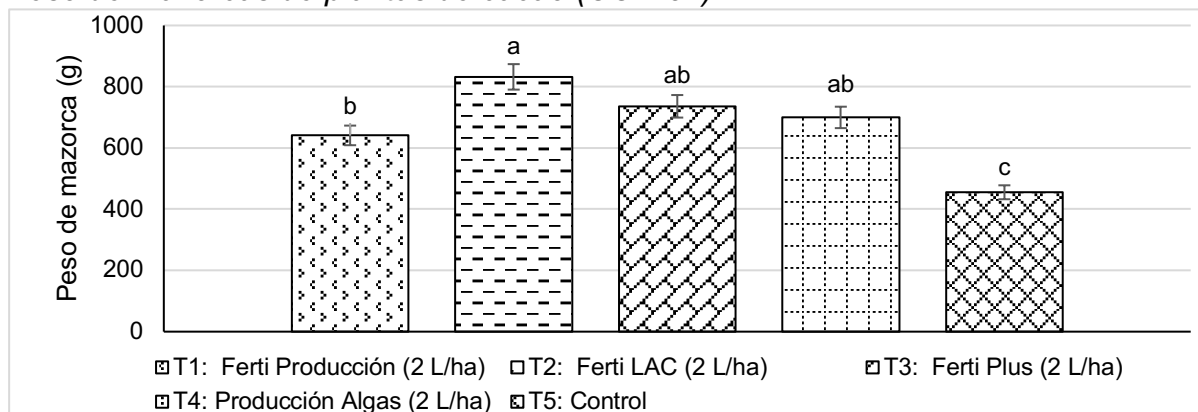
Nota: Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad (Autores, 2026).

3.9. Peso de mazorca

La evaluación de la variable peso de mazorca reveló diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos aplicados. El tratamiento T2 (Ferti LAC 2 L/ha) obtuvo el mayor promedio con 832,12 g, seguido por T3 (Ferti Plus 2 L/ha) con 735,96 g y T4 (Producción Algas 2 L/ha) con 699,71 g. Por su parte, T1 (Ferti Producción 2 L/ha)

alcanzó un promedio de 640,94 g. En contraste, el tratamiento T5 (Control) registró el menor peso con 455,19 g. el coeficiente de varianza fue de 9,09 (Figura 9).

Figura 9
Peso de mazorcas de plantas de cacao (CCN-51)

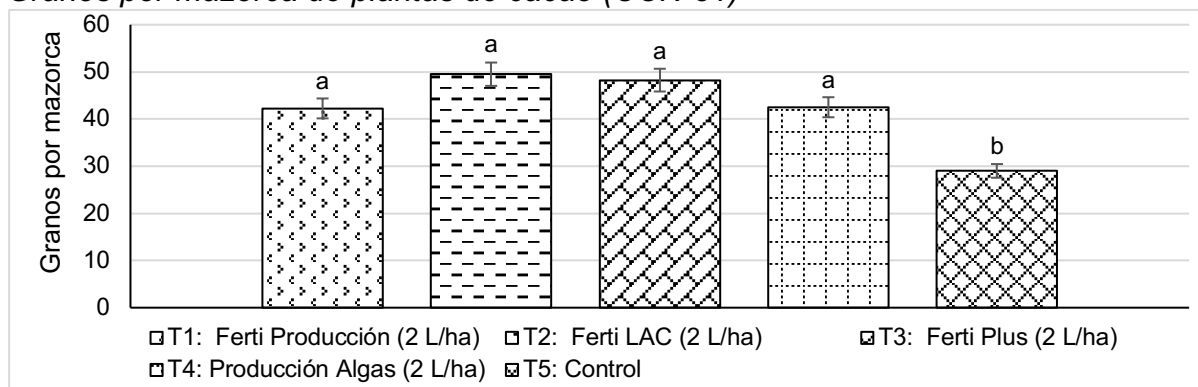


Nota: Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad (Autores, 2026).

3.10. Número de granos

El comportamiento de la variable granos por mazorca mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. Ante esto el T2 (Ferti LAC 2 L/ha) alcanzó el mayor promedio con 50 granos, seguido por T3 (Ferti Plus 2 L/ha) con 48 granos, T4 (Producción Algas 2 L/ha) con 43 granos y T1 (Ferti Producción 2 L/ha) con 42 granos por mazorca, por su parte el T5 (Control) presentó la menor media con 29 granos por mazorca. El coeficiente de varianza fue de 9,07 (Figura 10).

Figura 10
Granos por mazorca de plantas de cacao (CCN-51)



Nota: Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad (Autores, 2026).

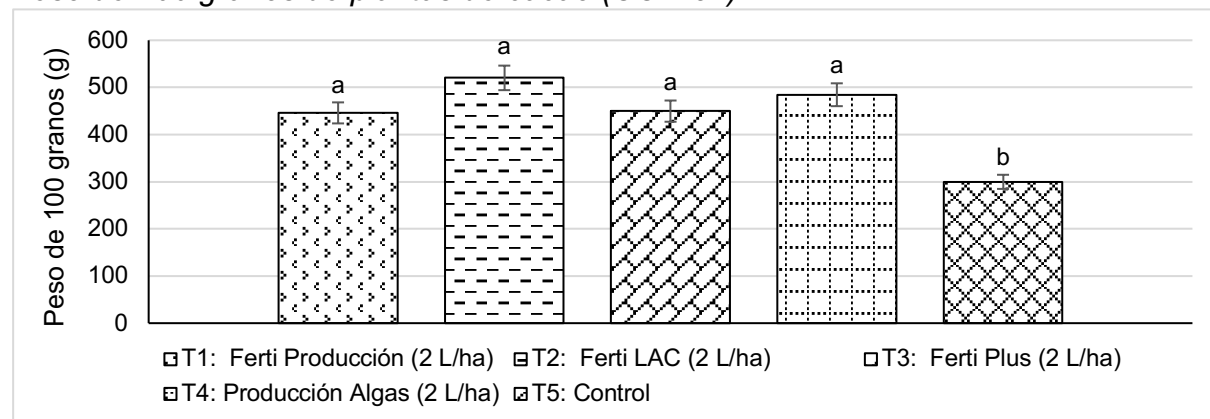
3.11. Peso de 100 granos

El análisis del peso de 100 granos evidenció diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, ante esto el T2 (Ferti LAC 2 L/ha) alcanzó el mayor promedio con 520,25 g, seguido por T4 (Producción Algas 2 L/ha) con 484,50 g, T3 (Ferti Plus 2 L/ha) con 449,75 g y T1 (Ferti Producción 2 L/ha) con 446,00 g. En contraste, el

tratamiento T5 (Control) registró la menor media con 299,75 g. el coeficiente de varianza fue de 13,82 (Figura 11).

Figura 11

Peso de 100 granos de plantas de cacao (CCN-51)



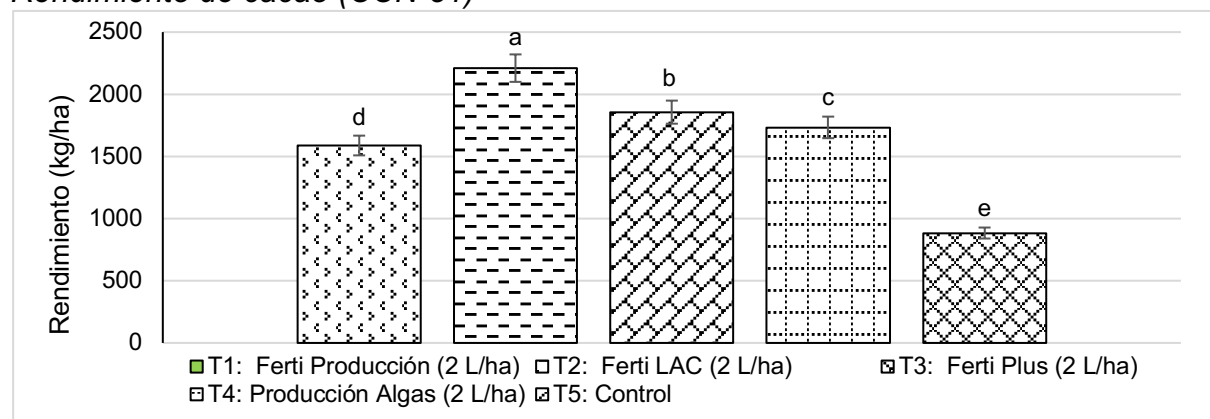
Nota: Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad (Autores, 2026).

3.12. Rendimiento del cacao

El análisis del rendimiento (kg/ha) mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T2 (Ferti LAC 2 L/ha) obtuvo el mayor promedio con 2210,32 kg/ha, seguido por T3 (Ferti Plus 2 L/ha) con 1856,33 kg/ha, T4 (Producción Algas 2 L/ha) con 1733,66 kg/ha y T1 (Ferti Producción 2 L/ha) con 1588,04 kg/ha. Por otro lado, el tratamiento T5 (Control) presentó la menor media con 883,96 kg/ha. El coeficiente de varianza fue de 1,30 (Figura 12).

Figura 12

Rendimiento de cacao (CCN-51)



Nota: Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad (Autores, 2026).

3.13. Análisis económico

El análisis económico evidencia que T2 (Ferti LAC 2 L/ha) fue el tratamiento más eficiente y rentable ya que registró el mayor rendimiento con 2210,32 kg/ha, una relación beneficio/costo de 5,00 y una rentabilidad de 399,95 %, luego le sigue T3 (Ferti Plus 2 L/ha) con un rendimiento de 1856,33 kg/ha, una relación beneficio/costo

de 4,20 y una rentabilidad de 319,88 %, estos dos tratamientos se consolidan como una alternativa económicamente viable. Por otro lado, el T5 (Control) obtuvo el menor rendimiento con apenas 883,96 kg/ha, una relación beneficio/costo de 2,07 y una rentabilidad de solo 106,80 %, lo que refleja una eficiencia económica considerablemente inferior frente a los tratamientos con aplicación de bioestimulantes.

Tabla 1*Análisis económico de los tratamientos*

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Ingreso bruto (\$)	Costo/tratamiento (\$)	Beneficio neto (\$)	Relación beneficio / costo	Rentabilidad
T1: Ferti Producción (2 L/ha)	1588,04	5716,94	1596,40	4120,54	3,58	258,11
T2: Ferti LAC (2 L/ha)	2210,32	7957,15	1591,60	6365,55	5,00	399,95
T3: Ferti Plus (2 L/ha)	1856,33	6682,79	1591,60	5091,19	4,20	319,88
T4: Producción Algas (2 L/ha)	1733,66	6241,18	1610,80	4630,38	3,87	287,46
T5: Control	883,96	3182,26	1538,80	1643,46	2,07	106,80

Nota: (Autores, 2026).

4. Discusión

El uso de bioestimulantes orgánicos a base de ácidos húmicos representa una alternativa de manejo para fortalecer el desempeño productivo del cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.). Su aplicación adquiere relevancia al relacionarse con procesos reproductivos, fitosanitarios, agronómicos y económicos del cultivo. En relación con las variables reproductivas, los tratamientos con bioestimulantes promovieron una mayor emisión de cojines florales y floraciones, destacándose el tratamiento T2 (Ferti LAC 2 L ha⁻¹) por su mejor desempeño. Martins et al. (2024) reportaron que las aplicaciones regulares de productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos aumentaron la cantidad de flores por planta y adelantaron la floración en cultivos como petunia, rosa, gladiolo, pepino, lavanda y cilantro. Este comportamiento permite explicar, al menos parcialmente, la respuesta observada en cacao CCN-51, debido a que los bioestimulantes húmicos pueden modular procesos asociados con la diferenciación y desarrollo reproductivo. En esa misma dirección, De Hita (2020) señaló que los ácidos húmicos incrementan la concentración o actividad de fitohormonas como auxinas y citoquininas, las cuales favorecen el crecimiento de raíces y brotes, además de participar en procesos vinculados con una floración más temprana y abundante.

En las variables fitosanitarias se observó una disminución de la incidencia de cherelle wilt, *Phytophthora* spp. y moniliasis, junto con un mayor número de mazorcas sanas en los tratamientos con aplicación de bioestimulantes. Los tratamientos T2 (Ferti LAC 2 L ha⁻¹) y T4 (Producción Algas 2 L ha⁻¹) presentaron los niveles más bajos de afectación, mientras que el tratamiento control mostró mayor susceptibilidad. Se encontró que los ácidos húmicos inhibieron el crecimiento de hongos fitopatógenos

como *Fusarium oxysporum*, *Choanephora cucurbitarum* y *Rhizoctonia solani*, con tasas de inhibición superiores al 80%. Este efecto coincide con lo planteado por Nagachandrabose y Baidoo (2021), quienes atribuyeron el potencial de control de patógenos de las sustancias húmicas a su composición molecular y a la presencia de grupos funcionales como COOH, carbono fenólico, carbono metoxi, carbono carboxílico y carbono aromático-O, capaces de afectar la fisiología celular, los procesos bioquímicos y la señalización molecular de los patógenos.

En relación con las variables agronómicas, los tratamientos T2 (Ferti LAC 2 L ha⁻¹), T3 (Ferti Plus 2 L ha⁻¹) y T4 (Producción Algas 2 L ha⁻¹) reportaron los mejores resultados en longitud de mazorca, peso de mazorca, número de granos, peso de 100 granos y rendimiento, variables directamente vinculadas con la productividad del cultivo. Ahmed (2024) indicó que los abonos a base de ácidos húmicos incrementan la disponibilidad y absorción de nutrientes esenciales como N, P, K, Fe, Zn y Mn, lo que favorece el desarrollo vegetativo y productivo. De forma complementaria, se reportó que la enmienda con ácido húmico aumentó significativamente el rendimiento de los cultivos en 12% y la eficiencia en el uso del nitrógeno en 27% en cacao y otros cultivos comerciales.

Estos resultados también guardan relación con investigaciones desarrolladas en otros cultivos. Oktem y Oktem (2020) reportaron que los tratamientos con ácido húmico afectaron positivamente los días a floración de la espiga, el número de granos por mazorca, el rendimiento de grano, la proporción de proteínas, la temperatura superficial de la hoja y el contenido de clorofila en maíz. Por su parte, Leite et al. (2023) señalaron que, en ensayos con maíz y soja, los abonos con ácidos húmicos mejoraron la absorción de fósforo, la eficiencia de uso del nutriente y la biomasa vegetal, con efectos favorables sobre las variables agronómicas y el rendimiento. Esta respuesta puede explicarse por lo indicado por Li (2020), quien concluyó que los abonos a base de ácidos húmicos mejoran la estructura del suelo, la retención de agua, la capacidad de intercambio catiónico, el pH y el contenido de carbono, favoreciendo la disponibilidad de nutrientes y la actividad enzimática.

El análisis económico mostró que los tratamientos con bioestimulantes no solo mejoraron la productividad, sino que también incrementaron la rentabilidad del cultivo. En particular, el tratamiento T2 (Ferti LAC 2 L ha⁻¹) obtuvo los mejores indicadores financieros, expresados en mayor ingreso bruto, mayor beneficio neto, relación beneficio/costo más elevada y mayor rentabilidad. Moskalenko et al. (2023) mencionaron que los abonos orgánicos a base de ácidos húmicos generan beneficios económicos al aumentar el rendimiento, mejorar la eficiencia de los fertilizantes y reducir costos, lo que contribuye a una agricultura más rentable y sostenible. De igual manera se encontraron que el beneficio económico se refleja en una mayor relación beneficio/costo, con valores de hasta 2,90 en maíz cuando se combinan ácidos húmicos con fertilizantes fosfatados.

Los resultados obtenidos permiten determinar que la aplicación de T2 (Ferti LAC 2 L ha⁻¹) constituye la opción más eficiente desde una perspectiva integral, al combinar

mejoras fisiológicas, sanitarias, productivas y económicas. Su adopción en sistemas de producción de cacao representa una alternativa viable y técnicamente sustentable para pequeños y medianos productores, al promover una agricultura más rentable, resiliente y ambientalmente responsable.

5. Conclusiones

La aplicación de bioestimulantes orgánicos a base de ácidos húmicos generó una respuesta favorable en el cultivo de cacao CCN-51, al incidir positivamente sobre componentes fisiológicos, fitosanitarios, productivos y económicos. En las variables reproductivas, los tratamientos evaluados promovieron una mayor emisión de cojines florales y flores, lo que evidencia una posible activación de procesos hormonales y metabólicos relacionados con la diferenciación floral y el fortalecimiento del potencial productivo del cultivo. Entre los tratamientos, T2 (Ferti LAC 2 L ha⁻¹) presentó el mejor comportamiento, al registrar los mayores promedios en las variables asociadas a la emisión reproductiva, superando al tratamiento control. De igual manera, este tratamiento favoreció una mayor formación de mazorcas sanas y una menor incidencia de enfermedades como cherville wilt, *Phytophthora* spp. y moniliasis, lo que sugiere que la bioestimulación no solo contribuye al desarrollo productivo, sino también al fortalecimiento de la respuesta del cultivo frente a condiciones fitosanitarias adversas. En términos agronómicos y económicos, T2 también mostró superioridad al alcanzar el mayor rendimiento, la relación beneficio/costo más elevado y la mayor rentabilidad, confirmando su eficiencia dentro del sistema evaluado. En consecuencia, el uso de Ferti LAC en dosis de 2 L ha⁻¹ constituye una alternativa agronómica viable para mejorar la productividad, sanidad y rentabilidad del cacao CCN-51, con potencial de aplicación en sistemas de producción sostenibles.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

Referencias Bibliográficas

- Ahmed, A. M. (2024). Effect of humic acid and Maxigrow (organic fertilizer) on growth, flowering and yield of snake cucumber (*Cucumis melo* L.). *Science Journal of University of Zakho*, 12(2), 153–158. <https://doi.org/10.25271/sjuoz.2024.12.2.1251>
- Anzules, V., Borjas, R., Alvarado, L., Castro-Cepero, V., & Julca-Otiniano, A. (2019). Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp. en *Theobroma cacao* ‘CCN-51’. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 511–520. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.08>

- Armengot, L., Picucci, M., Milz, J., Hansen, J. K., & Schneider, M. (2023). Locally-selected cacao clones for improved yield: A case study in different production systems in a long-term trial. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, Artículo 1253063. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1253063>
- Ballesteros Possú, W., Escobar Tenorio, J. E., & Navia Estrada, J. F. (2022). Organic and chemical fertilization of cacao (*Theobroma cacao* L.) clones in an agroforestry system. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(2), Artículo e2544. https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num2_art:2544
- De Hita, D., Fuentes, M., Fernández, V., Zamarreño, A. M., Olaetxea, M., & García-Mina, J. M. (2020). Discriminating the short-term action of root and foliar application of humic acids on plant growth: Emerging role of jasmonic acid. *Frontiers in Plant Science*, 11, Artículo 493. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00493>
- Jaimes-Suárez, Y. Y., Carvajal-Rivera, A. S., Galvis-Neira, D. A., Carvalho, F. E. L., & Rojas-Molina, J. (2022). Cacao agroforestry systems beyond the stigmas: Biotic and abiotic stress incidence impact. *Frontiers in Plant Science*, 13, Artículo 921469. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.921469>
- Jindo, K., Olivares, F. L., Malcher, D. J. P., Sánchez-Monedero, M. A., Kempenaar, C., & Canellas, L. P. (2020). From lab to field: Role of humic substances under open-field and greenhouse conditions as biostimulant and biocontrol agent. *Frontiers in Plant Science*, 11, Artículo 426. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00426>
- Kłeczek, A. (2022). Agricultural use of natural biostimulants – humic substances: A review. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 24, 1–14. <https://doi.org/10.54740/ros.2022.001>
- Leite, M. C. A., Ballotin, F. C., Lustosa Filho, J. F., Santos, W. O., Matias, P. C., Pogorzelski, D., Vergutz, L., & Mattiello, E. M. (2023). Activated ZnCl₂ biochar and humic acid as additives in monoammonium phosphate fertilizer: Physicochemical characterization and agronomic effectiveness. *Environmental Research*, 232, Artículo 115927. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115927>
- Li, Y. (2020). Research progress of humic acid fertilizer on the soil. *Journal of Physics: Conference Series*, 1549(2), Artículo 022004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1549/2/022004>
- Martins, E. M., Pillajo, J. Q., & Jones, M. L. (2024). Humic and fulvic acids promote growth and flowering in petunias at low and optimal fertility. *HortScience*, 59(2), 235–244. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI17554-23>
- Moskalenko, T. V., Mikheev, V. A., & Vorsina, E. V. (2023). Efficiency of use of organic and organomineral fertilizers with humic acids in the composition. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1154(1), Artículo 012064. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1154/1/012064>
- Nagachandrabose, S., & Baidoo, R. (2021). Humic acid: A potential bioresource for nematode control. *Nematology*, 24(1), 1–10. <https://doi.org/10.1163/15685411-BJA10116>

- Oktem, A. G., & Oktem, A. (2020). Effect of humic acid application methods on yield and some yield characteristics of corn plant (*Zea mays* L. indentata). *Journal of Applied Life Sciences International*, 23(11), 31–37. <https://doi.org/10.9734/jalsi/2020/v23i1130196>
- Orozco-Aguilar, L., Lopez-Sampson, A., Cerda, R. H., Casanoves, F., Ramirez-Argueta, O., Diaz Matute, J., Suárez Salazar, J. C., Rüegg, J., Saj, S., Milz, J., Schneidewind, U., Mora Garces, A., Baez Daza, E., Rojas Molina, J., Jaimes Suarez, Y., Agudelo-Castañeda, G. A., Deheuvels, O., Brito Sosa, E., Gómez, J. H., ... Somarriba, E. (2024). CacaoFIT: The network of cacao field trials in Latin America and its contribution to sustainable cacao farming in the region. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, Artículo 1370275. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1370275>
- Osorio Zambrano, M. A., Castillo, D. A., Rodríguez Pérez, L., & Terán, W. (2021). Cacao (*Theobroma cacao* L.) response to water stress: Physiological characterization and antioxidant gene expression profiling in commercial clones. *Frontiers in Plant Science*, 12, Artículo 700855. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.700855>
- Rathor, P., Gorim, L. Y., & Thilakarathna, M. S. (2023). Plant physiological and molecular responses triggered by humic based biostimulants: A way forward to sustainable agriculture. *Plant and Soil*, 492(1–2), 31–60. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06156-7>
- Reyes-Pérez, J. J., Llerena-Ramos, L. T., Ramos-Remache, R. A., Ramírez-Arrebato, M. Á., Falcón-Rodríguez, A. B., Pincay-Ganchozo, R. A., & Rivas-García, T. (2021). Effect of chitosan on the vegetative propagation of cacao (*Theobroma cacao* L.) by stem cuttings. *Revista Terra Latinoamericana*, 39, Artículo e1008. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.1008>
- Reyes-Pérez, J. J., Llerena-Ramos, L. T., Torres-Rodríguez, J. A., & Hernández-Montiel, L. G. (2023). Oligogalacturonide dose optimization on the vegetative propagation of two cocoa clones (*Theobroma cacao* L.) under controlled conditions in the nursery. *Revista Terra Latinoamericana*, 41, Artículo e1648. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1648>
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Editorial: Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, Artículo 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
- Torres-Rodríguez, J. A., Ramos-Remache, R. A., Reyes-Pérez, J. J., Quinatoa-Lozada, E. F., & Rivas-García, T. (2024). Silicon as a biostimulant in cocoa (*Theobroma cacao* L.) cultivation and biological control agent for *Moniliophthora roreri*. *Revista Terra Latinoamericana*, 42, Artículo e1817. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1817>