



Efectos de bioestimulantes en el crecimiento morfológico de plántulas de cacao en etapa de vivero

Effects of biostimulants on the morphological growth of cocoa seedlings at the nursery stage

Thalia Rodríguez-Arrobo^{1,2*}; Karla Cajamarca-Crespo^{1,2}; Salomón Barrezueta-Unda^{1,2}; Angel Luna-Romero^{1,2}; Diego Villaseñor-Ortiz^{1,2}

1 Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Granja experimental Santa Inés, Av. Panamericana, Machala, Ecuador.

2 Semillero estudiantil de investigación en Fitotecnía (SINFIT), UTMACH, Granja experimental Santa Inés, Machala, Ecuador.

*Autor corresponsal: trodrigue2@utmachala.edu.ec (T. Rodríguez-Arrobo).

ID ORCID de los autores

T. Rodríguez-Arrobo:  <https://orcid.org/0000-0001-8463-8965>

K. Cajamarca-Crespo:  <https://orcid.org/0000-0001-8061-0690>

S. Barrezueta-Unda:  <https://orcid.org/0000-0003-4147-9284>

A. Luna-Romero:  <https://orcid.org/0000-0002-4311-9445>

D. Villaseñor-Ortiz:  <https://orcid.org/0000-0001-5646-4451>

RESUMEN

Los bioestimulantes ayudan a las plantas de cacao a mejorar el desarrollo vegetativo y la absorción de nutrientes, por tanto, el objetivo fue evaluar los efectos de bioestimulantes en el crecimiento morfológico en plántulas de cacao en etapa de vivero, a través de un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos (T1: testigo, T2: ácidos húmicos + ácidos fúlvicos, T3: Oxido de Silicio + ácido monosilícico; y T4: Algas marinas + ácidos húmicos y fúlvicos) y cuatro repeticiones. Los resultados no tuvieron diferencias significativas en variables como altura de planta (T4: 29,63 cm), número de hojas (T2: 25,19) y largo de raíces (T2: 37,23 cm). Se encontraron diferencias significativas en diámetro de tallo (T3: 7,08 cm) y en masa seca de raíces (T4: 8,67 g). Los bioestimulantes mostraron resultados positivos en elementos nutricionales a nivel foliar, mejorando los valores de N, P, K, Zn, Mn, Mg, Ca y Fe. Así mismo, presento una disminución de los valores de Cu y Na. Estos resultados apoyan la hipótesis de que los bioestimulantes ayudan a las plantas de cacao a mejorar el desarrollo vegetativo y la absorción nutriente, reduciendo pérdidas de plantas y mejorando su nutrición en etapa de vivero.

Palabras clave: Bioestimulantes; SPAD; estimulación vegetal; características morfológicas.

ABSTRACT

Biostimulants help cocoa plants to improve vegetative development and nutrient uptake, therefore, the objective was to evaluate the effects of biostimulants on morphological growth in cocoa seedlings in nursery stage, through a completely randomized experimental design with four treatments (T1: control, T2: humic acids + fulvic acids, T3: silicon oxide + monosilicic acid; and T4: marine algae + humic and fulvic acids) and four replicates. The results showed no significant differences in variables such as plant height (T4: 29.63 cm), number of leaves (T2: 25.19) and root length (T2: 37.23 cm). Significant differences were found in stem diameter (T3: 7.08 cm) and root dry mass (T4: 8.67 g). The biostimulants showed positive results in nutritional elements at foliar level, improving the values of N, P, K, Zn, Mn, Mg, Ca and Fe. Likewise, there was a decrease in Cu and Na values. These results support the hypothesis that biostimulants help cocoa plants to improve vegetative development and nutrient uptake, reducing plant losses and improving plant nutrition at the nursery stage.

Keywords: Biostimulants; SPAD; plant stimulation; morphological characteristics.

Recibido: 17-02-2023.

Aceptado: 02-06-2023.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo representa un rubro económico importante para varios países del mundo: Costa de Marfil, Camerún, Ghana, Brasil, Colombia, República Dominicana, Ecuador, México, Indonesia, Malasia y Papúa Nueva Guinea (Quintero, & Morales, 2004; Zhiminaicela Cabrera et al., 2021). En este sentido, se ha identificado que estos países producen un total de 3.256.438 toneladas métricas en una superficie cosechada de 6.981.522 hectáreas, lo que representa una importante contribución a su economía.

De acuerdo con los datos de INEC, (2021), la superficie total de cultivada en Ecuador es de 626.962 ha, de las cuales 543.547 ha son cultivadas en el cual se produce un total de 302.09 toneladas métricas. La producción de este cultivo se centra en la provincia de Los Ríos con el 27,70 %. El 90% de la superficie de cultivo de cacao pertenece a pequeños propietarios y representa casi el 65% de la producción total de cacao y esta a su vez representa aproximadamente el 65% de la producción nacional (Morales Intriago et al., 2018). En el caso de la provincia de El Oro, el cacao es el segundo cultivo permanente con el 17,06% del área agrícola cultivada, superado por el banano con el 67,7% y por delante del café con el 10,13% (Barrezueta-Unda et al., 2017), siendo los cantones de Pasaje y Santa Rosa los sitios de cultivo de cacao, representando más del 65% del área cultivada en monocultivo y 57% en policultivo, siendo el centro formal del comercio de cacao en la provincia, reuniendo el mayor número de intermediarios formales (Barrezueta-Unda & Chabla-Carrillo, 2017).

Debido a la creciente demanda de clones de cacao de buena calidad, es necesario buscar una mayor eficiencia en las técnicas de propagación, especialmente en relación con el desarrollo acelerado de los portainjertos, para reducir el tiempo de enraizamiento en contenedores que afecta el desarrollo de las raíces y genera malformaciones radiculares (Vavrina, 2002).

Los bioestimulantes son sustancias o microorganismos que, cuando se aplican a las plantas, tanto vía foliar como edáfica, estimulan

procesos naturales que promueven y mejoran la absorción o utilización de nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico, la calidad de los cultivos o el rendimiento (Dehkordi et al., 2021). También ofrecen soluciones para mejorar la fertilización y la seguridad de los cultivos, apoyando la capacidad de los sistemas biológicos para abordar los problemas de escasez de nutrientes (Lallié et al., 2021). En el ámbito de la ciencia que estudia la nutrición de las plantas, los ácidos húmicos y fúlvicos hacen que transporten los minerales a los sitios metabólicos de las células y al tejido superficial mejorando el desarrollo de la vegetación (Barragan, 2019). Así mismo, el Silicio desempeña un papel vital en la estabilidad estructural de las células vegetales, mejorando sus propiedades mecánicas como la rigidez y elasticidad. Este nutriente está presente en las plantas, principalmente en forma de gel de sílice en las paredes celulares y como ácido monosilícico en la savia del xilema (Castellano, De mello, & Silva, 2015). Las algas marinas, es otro bioestimulante considerado como una excelente fuente de polisacáridos, glicerol, micro y macro nutrientes (El Khattabi et al., 2023), así como hormonas de crecimiento, los cuales favorecen el desarrollo de las plantas (Pérez, López, & Reyes, 2020). Los estudios anteriores destacan la utilidad de los bioestimulantes para el rendimiento, especialmente por el beneficio de asimilar nutrientes en el cultivo que influyen sobre la producción (Bustamante González et al., 2022), como el uso de bioestimulante a base de Silicio los cuales ayudan a disminuir la influencia de la salinidad sobre los cultivos (Bantis & Koukounaras, 2023) o como herramientas modernas para la agricultura (Hung et al., 2023). Los resultados de la investigación apuntan a la eficacia de los bioestimulantes, contribuyendo a reducir los daños en las plántulas de cacao en vivero, mejorar la supervivencia y para aumentar la productividad. Dado el escaso conocimiento acerca de la influencia de los bioestimulantes en el área de estudio sobre el cacao, esta investigación tuvo el objetivo de evaluar los efectos de bioestimulantes en el desarrollo morfológico en plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en etapa de vivero.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se realizó en la parroquia La Victoria, Las Lajas, provincia de El Oro, Ecuador. Las coordenadas son 3°47'40" N, 80°3'50'57" ubicada a 394 m de altitud. La precipitación media anual es de 634 mm, con un máximo de 133 mm en marzo y un mínimo de 6 mm en agosto. La temperatura media anual es de 25,5 °C, con una máxima de 30 °C en abril y una mínima de 21 °C en septiembre. La humedad relativa media es del 70% y la evaporación anual es de 1145 mm, con un máximo de 113 mm en diciembre y un mínimo de 7 mm en junio.

Material vegetal

El material vegetal fue el clon Nacional que se obtuvo de un vivero local. Todas las plantas tuvieron la misma edad fenológica.

Sustrato

El 40% fue de suelos provenientes de Las Lajas con clase textural franca, complementando con: arena, cascarilla de arroz, tierra dulce en diferentes proporciones. Esta incorporación de sustrato se trató con Formaldehído a razón de 1 litro por cada 2 de agua, luego se cubrió con plástico dejando en reposo 10 días. Se llenaron fundas de 4 lb de capacidad con 8 perforaciones favoreciendo el drenaje.

Manejo del Ensayo

La limpieza de arvenses se la realizaba de manera manual con ayuda de un machete. Para el manejo de plagas y enfermedades, al segundo mes se aplicó un insecticida con su ingrediente activo Acetamiprid, que actúa de manera sistemática y de

contacto, luego se reaplicó a los 15 días. El riego se destinaba periódicamente dejando un día con una dosificación de 700 ml por planta.

Diseño del experimento

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento (Figura 1). Se organizaron 16 unidades experimentales, teniendo como resultado una población de estudio de 64 plantas de cacao. El experimento con todas las consideraciones midió 6m de ancho y 4m de largo, cuyo producto equivale al área bruta del experimento con un valor total de 24 m². La aplicación de los bioestimulantes se aplicó de forma edáfica luego de 15 días de trasplante de las plántulas de cacao con su correspondiente dosis disuelta en 2,5 L de agua, cada planta recibió 150 ml de la solución, realizando aplicaciones mensuales, durante tres meses.

Variables respuesta

Existieron 3 variables principales tomadas cada 15 días durante 3 meses que son:

Altura de planta fue medida en cada parcela con ayuda de una cinta métrica, tomada desde la corona radical hasta la yema apical en el vástago principal de la planta.

El número de hojas se cuantificó manualmente dentro de cada unidad experimental.

El diámetro del tallo, se registró sus unidades en mm con ayuda de un calibrador Vernier.

Al final del experimento se tomó datos de 3 variables más:

El índice de intensidad de color de clorofila fue medido con un dispositivo de medición portátil

SPAD, seleccionando las hojas aleatoriamente por su estado vegetativo en desarrollo.

La masa seca de raíces se obtuvo por diferencia de peso. De cada unidad experimental se tomaron 4 plantas, de las cuales se cortó su raíz se lavó con agua y se guardaron en fundas de papel. A continuación, se llevaron a laboratorio se suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (Universidad Técnica de Machala) donde se colocaron en una estufa a 170 °C por 24 horas y luego se procedió a pesar. Las muestras fueron extraídas de la estufa y colocadas en un desecador, luego se volvieron a pesar, obteniendo la masa seca por diferencia de peso.

La longitud de raíces fue medida con una cinta métrica en unidades de cm, desde el cuello hasta la coña.

Por último, para el análisis foliar se realizó una determinación de nitrógeno (N) por Kjeldahl, fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), manganeso (Mn) y sodio (Na), por Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA); mientras, cobre (Cu), hierro (Fe) y zinc (Zn) por EAA con lectura directa de estándares adecuados, según la cuantificación de nutrientes de (Murillo-baca, Ponce-Rosas, & Huamán-murillo, 2020).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza de una sola vía y la comparación múltiple de medias utilizando la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$). Los datos estadísticos fueron procesados empleando el programa estadístico AgroEstat 1.1.0712rev77 (Libre) la cual es de tipo comercial perteneciente a la empresa AgroStat Analytics.

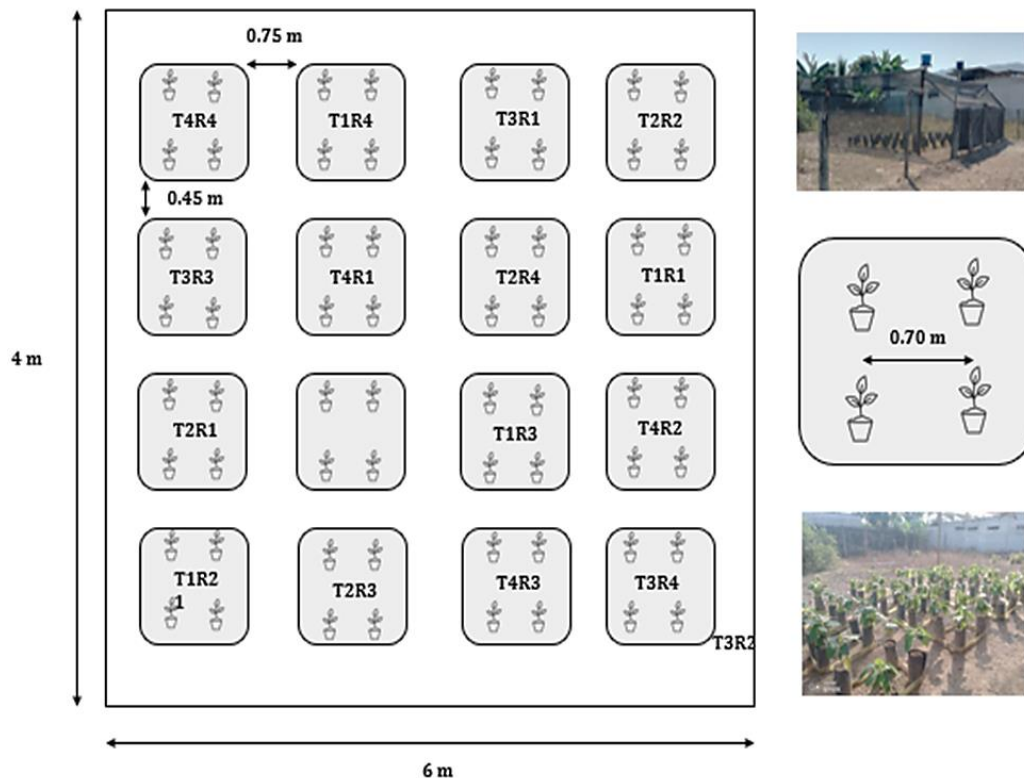


Figura 1. Esquema de distribución de los tratamientos para el estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran las variables de desarrollo con una fiabilidad estimada del 95% ($\alpha = 0,05$). El valor más alto se presenta en el tratamiento T4 con una media de 29,63 cm, seguido por T2 con 28,93 cm, T1 con 26,24 cm y finalmente T3 con 25,58 cm. No fue posible contrastar los resultados con aplicaciones de bioestimulantes radiculares en cultivo de cacao, debido a que hay muy poca información disponible sobre estudios realizados. Sin embargo, Jiménez-Arias et al. (2022) descubrieron resultados similares en el cultivo de tomate, en el cual los bioestimulantes promovieron el desarrollo de la altura de las plantas y la distancia entre nudos.

La aplicación de bioestimulantes favoreció el incremento en el número de hojas, con el T2 presentando la media más alta (25,19), seguido por el T4 (23,19), el T3 (22,81) y el T1 con la media más baja (20). Todos los tratamientos que se aplicaron bioestimulantes mejoraron la producción de biomasa, resultados similares a los referidos por Giordano et al. (2020) en el que expresaron que, por lo general, en cultivos hortícolas es más evidente el incremento en la productividad, y en el caso de cacao, el aumento del área foliar del cultivo. En la evaluación del diámetro del tallo se observaron diferencias significativas al 5%. El tratamiento con mayor media para el diámetro de tallo fue T3 con 7,08 mm, seguido por T2 y T4 con 6,96 mm y 6,75 mm respectivamente, los cuales se consideran estadísticamente iguales. El tratamiento con la media más baja fue T1 con 6,32 mm. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Kamenidou et al. (2009) en el cultivo de *Zinnia* sp.,

donde el tratamiento con silicio promovió de manera positiva el diámetro del tallo, mientras que los demás tratamientos con bioestimulantes mostraron respuestas positivas en función a esta variable, demostrando diferencias significativas con respecto al testigo.

El desarrollo de la raíz principal es sumamente influenciado por el sustrato que se utiliza. Cuanto mayor porcentaje de materia orgánica y porosidad se encuentre en él, se observará un incremento en el desarrollo de sus raíces (Ran et al., 2022). Los resultados obtenidos de los tratamientos evaluados demostraron que la materia orgánica presente en la composición de un bioestimulante es capaz de mostrar una diferencia numérica significativa en las medias. El T2 presentó un valor de 37,23 cm, seguido del T1, T4 y T3 con valores de 35,74 cm, 34,85 cm y 33,56 cm, respectivamente.

Los bioestimulantes tuvieron un impacto significativo ($p < 0,05$) en la masa seca de raíces (g), según la Prueba F con un nivel de significancia del 1%. El tratamiento T2 obtuvo el valor más alto de las medias, 6,73 g, seguido por el T3 con 5,48 g, luego el T4 con 5,2 g, mientras que el testigo obtuvo el valor más bajo, 4,7 g. Estos resultados confirman la importancia de la estimulación para estimular el crecimiento de las raíces en el cultivo de cacao.

La Figura 2 muestra la relación entre Índice de Intensidad del color de la clorofila con los tratamientos T2, T4 y T3 presentando valores similares estadísticamente con 47,95, 47,91 y 47,87, respectivamente, diferentes estadísticamente al T1 que tiene un valor de 46.

Tabla 1

Efecto de las aplicaciones de bioestimulantes en variables de desarrollo de plantas de cacao en etapa de vivero

Tratamiento	Altura planta (cm)	Número de hojas (unidad)	Diámetro de tallo (mm)	Largo de raíces (cm)	Masa seca de raíces (g)
T1	26,24a	20,00a	6,32b	35,74a	4,70b
T2	28,93a	25,19a	6,96ab	37,23a	6,73a
T3	25,58a	22,81a	7,08a	33,56a	5,48b
T4	29,63a	23,19a	6,75ab	34,85a	5,20b
Prueba F	1,70 ^{NS}	3,46 ^{NS}	3,79*	1,87 ^{NS}	8,67**
CV%	7,94	10,07	5,08	6,4	10,59

NS, *, ** no significativos al 5% de probabilidad, significativos al 5% y al 1% de probabilidad según la Prueba F, respectivamente
T1: Testigo, T2: ácidos húmicos + ácidos fúlvicos, T3: Óxido de silicio + ácido mono silícico, T4: Algas marinas + ácidos húmicos y fúlvicos.

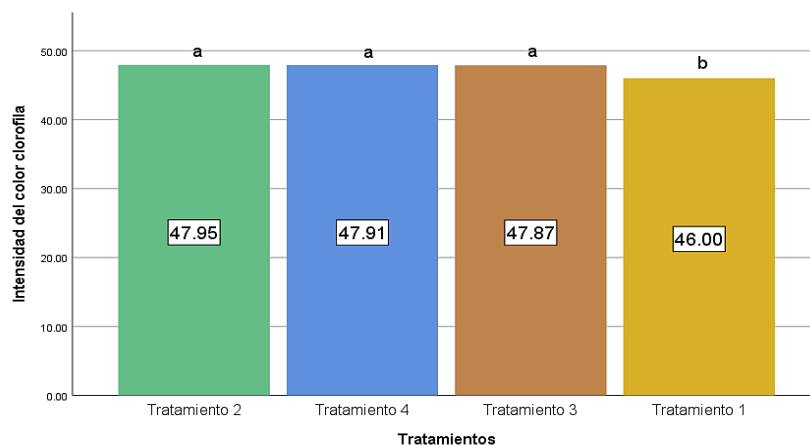


Figura 2. Prueba de Tukey ($p < 0,05$) para la variable intensidad del color clorofila (SPAD). T1: Testigo, T2: ácidos húmicos + ácidos fúlvicos, T3: Óxido de silicio + ácido mono silícico, T4: Algas marinas + ácidos húmicos y fúlvicos.

Estos resultados concuerdan con los de Lemus-Soriano et al. (2021), quienes evidenciaron en el cultivo de aguacate que los tratamientos a los cuales se aplicaron bioestimulantes radiculares, tuvieron diferencias significativas en comparación al testigo.

Además, estudios recientes han demostrado que estos compuestos mejoran la intensidad del color de la clorofila, contribuyendo a la conversión de energía lumínica en energía química almacenada (Shibaeva et al., 2020). Así mismo, se ha comprobado que los bioestimulantes ayudan a la adsorción de dióxido de carbono en plantas y contribuyen al desarrollo de nitrógeno en los cultivos. Por esta razón, se recomienda el uso de bioestimulantes para reducir el estrés en los cultivos de cacao.

Los elementos nutricionales evaluados a nivel foliar (Tabla 2) nos demuestran que tanto el tratamiento absoluto con el de los bioestimulantes presentan diferencias cuantitativas, según el test de Tukey.

Los valores más altos de N (3,70%), P (0,54%), K (1,18%), Zn (57,05 mg kg⁻¹) y Mn (673,85 mg kg⁻¹) fueron observados en el T2. Posiblemente los ácidos húmicos y fúlvicos contribuyeron a un mejoramiento de los procesos metabólicos y enzimáticos, generando un mayor crecimiento de raíces, frutos y follaje en las plantas (Serrano et al., 2015). El T3 compuesto por Oxido de Silicio y ácido

monosilícico obtuvo relevancia en el Mg con 0,50% seguido por el T4 con 0,49, luego el T2 con 0,48 y por último el T1 con 0,44.

En el caso de los elementos Ca con un 2,03% y Fe con 141,25 mg kg⁻¹, el T4 mostró relevancia posiblemente por la combinación de ácidos húmicos y algas marinas. Esta unión de componentes tiene la habilidad de estimular una variedad de respuestas positivas en la relación entre la planta y el suelo (Pérez et al., 2020).

Los valores elevados en el T1 de Cu con 15,73 mg kg⁻¹ y Na con 440,10 mg kg⁻¹ pudieron tener una relación directa con el manejo del experimento, respecto al Cu se debe al uso de fungicidas, con contenidos de óxido cuproso, en mayor o menor grado (Gregorio et al., 2016). Así mismo, el Na está relacionado directamente con el agua del riego, porque durante la evaporación las sales menos solubles se precipitan al concentrarse, dejando una minoría dominante de sales más soluble, esto lleva a que el Na que predomine en la primera capa del sustrato (Can et al., 2008).

Sin embargo, los bioestimulantes demostraron ser eficaces para reducir la absorción de Cu y Na. El tratamiento con oxido de silicio y ácido monosilícico (T3) influyó positivamente en la resistencia a la toxicidad de estos elementos, al estrés hídrico y salino, al mismo tiempo que mantuvo la actividad enzimática y la composición mineral (Castellano et al., 2015).

Tabla 2

Contenido de nutrientes en hojas, en función de los tratamientos de bioestimulantes aplicados. T1: Testigo, T2: ácidos húmicos + ácidos fúlvicos, T3: Óxido de silicio + ácido mono silícico, T4: Algas marinas + ácidos húmicos y fúlvicos

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Na
	-----(%)-----				-----mg kg ⁻¹ -----					
T1	3,24a	0,49a	0,81a	1,82a	0,44a	47,28a	15,73a	91,25a	611,53a	440,10a
T2	3,70a	0,54a	1,18a	1,79a	0,48a	57,05a	12,10a	126,00a	673,85a	338,70a
T3	3,69a	0,50a	1,10a	1,66a	0,50a	46,03a	9,03a	122,40a	624,00a	325,56a
T4	3,34a	0,49a	1,18a	2,03a	0,49a	43,73a	9,85a	141,25a	625,05a	365,53a
Ftest	0,64 ^{NS}	0,82 ^{NS}	2,44 ^{NS}	1,64 ^{NS}	1,22 ^{NS}	2,06 ^{NS}	2,06 ^{NS}	1,37 ^{NS}	0,1 ^{NS}	0,71 ^{NS}
CV%	14,8	9,84	21,23	12,99	9,2	18,88	54,03	29,86	27,18	33,3

Medias que tienen letras iguales dentro de la misma columna indican que no difieren entre sí por la prueba de Tukey, con 5% de probabilidad. NS, *, ** no significativos al 5% de probabilidad, significativos al 5% y al 1% de probabilidad según la Prueba F, respectivamente.

CONCLUSIONES

La utilización de bioestimulantes promovió el desarrollo del cultivo de cacao en todas las variables morfológicas, resultando mejorar las características del cultivo con respecto al tratamiento testigo. El tratamiento de mejor resultado fue T2 con la combinación de ácidos húmicos + ácidos fúlvicos los de mejores resultados, seguido por T4 algas marinas + ácidos húmicos y fúlvicos y luego el T3 oxido de silicio + ácido mono silícico.

Los elementos nutricionales a nivel foliar, mejorando los valores de N, P, K, Zn, Mn, Mg, Ca y Fe. Así mismo, tuvieron un efecto beneficioso al disminuir los valores de Cu y Na. Estos resultados apoyan la hipótesis de que los bioestimulantes pueden ayudar a las plantas de cacao a mejorar el desarrollo vegetativo y la absorción nutriente, reduciendo pérdidas de plantas y mejorando su nutrición en etapa de vivero.

La aplicación de los bioestimulantes, no influyó significativamente ($p < 0,05$) en variables de desarrollo como altura de planta, número de hojas y longitud de raíces, contrario al diámetro del tallo y el peso en biomasa.

Un estudio futuro, se podría investigar cómo los bioestimulantes influyen en la producción de cacao en un contexto de mayor escala. Para ello, se utilizarían los bioestimulantes más efectivos identificados en esta investigación, con el objetivo de determinar si los beneficios observados en un entorno de vivero se mantienen en condiciones comerciales a mayor escala. Proporcionarían información valiosa para los productores de cacao, quienes podrían tomar decisiones informadas del correcto el uso de bioestimulantes para mejorar el rendimiento y la calidad de sus cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bantis, F., & Koukounaras, A. (2023). Ascophyllum nodosum and Silicon-Based Biostimulants Differentially Affect the Physiology and Growth of Watermelon Transplants under Abiotic Stress Factors: The Case of Salinity. *Plants*, 12(3), 433.
- Barragan, A. (2019). Efecto de la aplicación de sustancias húmicas, fúlvicas y fertilización en el desarrollo de plántulas de arándano en vivero. *Revista Zamorano*, 4, 1–24.
- Barrezueta-Unda, S. A., & Chabla-Carrillo, J. E. (2017). Características sociales y económicas de la producción de cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*, 25. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.952
- Barrezueta-Unda, S., Carpio, E. P., & Sarmiento, R. J. (2017). Características Del Comercio De Cacao A Nivel Intermediario En La Provincia De El Oro-Ecuador. *European Scientific Journal*, ESJ, 13(16), 273. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n16p273>
- Bustamante González, C. A., Ferras, Y., Morán-Rodríguez, N., Pérez-Almaguer, A. F., Selva-Hernández, F. F., & Clappe-Borges, P. (2022). Effect of Eneplant@ doses on the development and nutrient use by cacao (*Theobroma cacao* L.) seedlings. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i4.2130>
- Castellano, L., De mello, R., & Silva, C. (2015). El Silicio En La Resistencia De Los Cultivos Las Plagas Agrícolas. *Cultivos Tropicales*, 16(especial), 16–24.
- Chuchuca, N. (2014). *Mapificación del grado de fertilidad de sustratos, mediante los sistemas de información geográfica (SIG), del cantón Las Lajas provincia de El Oro. (Trabajo de titulación)*. Universidad Técnica de Machala.
- Giordano, M., El-Nakhel, C., Caruso, G., Cozzolino, E., De Pascale, S., Kyriacou, M. C., Colla, G., & Roupheal, Y. (2020). Stand-Alone and Combinatorial Effects of Plant-based Biostimulants on the Production and Leaf Quality of Perennial Wall Rocket. *Plants*, 9(7), 922. <https://doi.org/10.3390/plants9070922>
- Gutiérrez, M., Gómez, R., & Rodríguez, N. F. (2011). Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(1), 33–41.
- Can Chulim, Álvaro; Ramírez Ayala, Carlos; Ortega Escobar, Manuel; Trejo López, Carlos; Cruz Díaz, J. (2008). Evaluación de la relación de adsorción de sodio en las aguas del río Tulancingo, Estado de Hidalgo, México. *Terra Latinoamericana*, 26(3), 243–252.
- Dehkordi, R. A., Roghani, S. R., Mafakheri, S., & Asghari, B. (2021). Effect of biostimulants on morpho-physiological traits of various ecotypes of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) under water deficit stress. *Scientia Horticulturae*, 283, 110077. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110077>
- El Khattabi, O., El Hasnaoui, S., Toura, M. et al. (2023). Seaweed extracts as promising biostimulants for enhancing lead tolerance and accumulation in tomato (*Solanum lycopersicum*). *J Appl Phycol*, 35, 459–469. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02849-1>
- Gregorio, J., César, P., José, N., Hugo, V., Del, E., Metales, C. D. E., ... Teobroma, C. (2016). Evaluación del contenido de metales pesados (*Theobroma cacao* L.) de Santa Bárbara Del Zulia, Venezuela. *Multidisciplinaria Del Consejo de Investigación de La Universidad Del Oriente*, 28(1), 106–115.
- Hung, S. H. W., Huang, T. C., Lai, Y. C., Wu, I. C., Liu, C. H., Huarng, Y. F., ... & Huang, C. C. (2023). Endophytic Biostimulants for Smart Agriculture: Burkholderia seminalis 869T2 Benefits Heading Leafy Vegetables In-Field Management in Taiwan. *Agronomy*, 13(4), 967.
- INEC. (2021). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2021.
- Jiménez-Arias, D., Morales-Sierra, S., Borges, A. A., Herrera, A. J., & Luis, J. C. (2022). New Biostimulants Screening Method for Crop Seedlings under Water Deficit Stress. *Agronomy*, 12(3), 728. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030728>
- Kamenidou, S., Cavins, T. J., & Marek, S. (2009). Evaluation of silicon as a nutritional supplement for greenhouse zinnia production. *Scientia Horticulturae*, 119(3), 297–301. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.08.012>
- Lallié, H.-D., Oro, F. Z., Nekkai, N., & el Hattimy, F. (2021). Effect of biostimulant Banzai and fertilizer on the yield of cocoa trees in the locality of N'gouanmoinkro, Central Côte d'Ivoire. *E3S Web of Conferences*, 319, 02011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131902011>
- Lemus-Soriano, B. A., Venegas-González, E., Pérez-López, M. A., Lemus-Soriano, B. A., Venegas-González, E., & Pérez-López, M. A. (2021). Efecto de bioestimulantes radicales sobre el crecimiento en plantas de aguacate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 1139–1144. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V12i6.2725>
- León-Serrano, L. A., Matailo-Pinta, A. M., Romero-Ramón, A. A., & Portanza-Chavarría, C. A. (2020). Ecuador: producción de banano, café y cacao por zonas y su impacto económico 2013-2016. *Revista Científica UISRAEL*, 7(3), 97–114. <https://doi.org/10.35290/rcui.v7n3.2020.324>
- Ministerio de Agricultura & Riego-MINAGRI. (2019). *Encuesta nacional de intenciones de siembra 2019*. Lima, Perú: Dirección general de seguimiento y evaluación de políticas dirección de estadística agraria
- Morales Intriago, F. L., Carrillo Zenteno, M. D., Ferreira Neto, J. A., Peña Galeas, M. M., Briones Caicedo, W. R., & Albán Moyano, M. N. (2018). Cadena de comercialización del cacao nacional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 11(1), 58–64. <https://doi.org/10.18779/cyt.v11i1.131>
- Murillo-baca, S. M., Ponce-rosas, F. C., & Huamán-murillo, M. D. J. (2020). Características fisicoquímicas, compuestos bioactivos y contenido de minerales en la harina de cáscara del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.) Physicochemical characteristics, bioactive compounds and minerals content in cocoa fruit (*Theobroma cacao* L.). *Manglar*, 17(1), 67–73.
- Pérez, Y., López, I., & Reyes, Y. (2020). Las Algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. *Cultivos Tropicales*, 41(2), 9.
- Quintero, M. L., & Díaz Morales, K. M. (2004). El mercado mundial del cacao. *Agroalimentaria*, 9(18), 47–59.
- Ran, S., He, T., Zhou, X., & Yin, D. (2022). Effects of fulvic acid and humic acid from different sources on Hg methylation in soil and accumulation in rice. *Journal of Environmental Sciences*, 119, 93–105. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.02.023>
- Serrano, Castruita, Cervantes, Talavera, Vidal, Range, ... Castruita. (2015). Influencia de los ácidos fúlvicos sobre la estabilidad de agregados y la raíz de melón en casa sombra. *Interciencia*, 40(5), 317–323.
- Shibaeva, T. G., Mamaev, A. V., & Sherudilo, E. G. (2020). Evaluation of a SPAD-502 Plus Chlorophyll Meter to Estimate Chlorophyll Content in Leaves with Interveinal Chlorosis. *Russian Journal of Plant Physiology*, 67(4), 690–696. <https://doi.org/10.1134/S1021443720040160>
- Vásquez, Z. S., de Carvalho Neto, D. P., Pereira, G. V. M., Vandenberghe, L. P. S., de Oliveira, P. Z., Tiburcio, P. B., Rogez, H. L. G., Góes Neto, A., & Soccol, C. R. (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management*, 90, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>
- Vavrina, C. (2002). An introduction to the production of containerized vegetable transplants. Gainesville (FL): Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service. *Institute of Food and Agricultural Sciences University of Florida*.
- Zhiminaicela Cabrera, J. B., Mora Encalada, C., Quevedo Guerrero, J., Herrera Reyes, S., Morocho Castillo, A., & León Toro, J. (2021). Influencia De la Madurez de las Mazorcas de Cacao: Calidad Nutricional y Sensorial del Cultivar CCN-51. *Revista Bases de La Ciencia*, 6(2), 27. https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v6i2.2706