https://doi.org/10.69639/arandu.v13i3.2603

Eficacia de bioestimulantes foliares en la fisiología del banano (*Musa* AAA cv. Williams)

Efficacy of foliar biostimulants on the physiology of banana (Musa AAA cv. Williams)

Luis Belisario Trujillo Rey
ltrujillo2@utmachala.edu.ec
https://orcid.org/0009-0009-0251-5271
Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Carretera Panamericana, Machala, Ecuador

Wilson Xavier Terreros Ruiz
wterreros_est@utmachala.edu.ec
https://orcid.org/0009-0008-4112-9405
Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Carretera Panamericana, Machala, Ecuador

Abrahan Cervantes Alava
arcervantes@utmachala.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-6223-8661
Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Carretera Panamericana, Machala, Ecuador

Salomon Barrezueta Unda
sabarrezueta@utmachala.edu.ec
https://orcid.org/0000-0003-4147-9284
Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Carretera Panamericana, Machala, Ecuador

Artículo recibido: 10 agosto 2026- Aceptado para publicación:16 septiembre 2026
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

El uso de bioestimulantes derivados de algas constituye una alternativa para mejorar el desempeño fisiológico del banano; sin embargo, su eficacia en plantaciones comerciales presenta resultados variables. El objetivo fue evaluar el efecto de tres formulaciones foliares basadas en *Ascophyllum nodosum* sobre el crecimiento y el índice relativo de clorofila de banano *Musa* AAA cv. Williams en condiciones de campo. El ensayo se estableció en una plantación de Pasaje, El Oro, Ecuador, mediante un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y diez plantas por tratamiento. Se realizaron tres aplicaciones con dron, separadas por cuatro semanas. Se evaluaron altura, circunferencia del pseudotallo, emisión foliar e índice SPAD, mediante análisis de varianza y prueba de Tukey. La altura no difirió entre tratamientos y osciló entre 4,48 y 4,71 m. T1 presentó la mayor circunferencia del pseudotallo (85,70 ± 5,08 cm) y superó a T2, mientras T3 y el testigo mostraron valores intermedios. T1 y T3 alcanzaron mayor emisión foliar, con 17,18 y 17,12 hojas por planta, frente a 15,44 hojas en el testigo. Las tasas de emisión foliar fueron superiores en T1 y T3, mientras la tasa de crecimiento en altura no cambió significativamente. El índice SPAD

permaneció elevado y homogéneo entre tratamientos (71,84–73,08). Los bioestimulantes produjeron respuestas específicas según la formulación, principalmente sobre la circunferencia y emisión foliar, pero no mejoraron significativamente la altura ni el contenido relativo de clorofila.

Palabras clave: Ascophyllum nodosum, extractos de algas, clorofila, fisiología vegetal

ABSTRACT

Seaweed-derived biostimulants offer a potential strategy for improving banana physiological performance; however, their effectiveness in commercial plantations remains inconsistent. This study evaluated the effects of three *Ascophyllum nodosum*-based foliar formulations on growth and relative chlorophyll content of banana *Musa* AAA cv. Williams under field conditions. The experiment was conducted in a commercial plantation in Pasaje, El Oro, Ecuador, using a completely randomized design with four treatments and ten plants per treatment. Three drone applications were performed at four-week intervals. Plant height, pseudostem circumference, leaf emission, and SPAD index were measured and analyzed using analysis of variance and Tukey's test. Final plant height did not differ among treatments and ranged from 4.48 to 4.71 m. T1 produced the greatest pseudostem circumference (85.70 ± 5.08 cm) and exceeded T2, whereas T3 and the control showed intermediate values. T1 and T3 produced the greatest leaf emission, reaching 17.18 and 17.12 leaves per plant, respectively, compared with 15.44 leaves in the control. Weekly leaf emission rates were also higher under T1 and T3, whereas plant height growth rate was not significantly affected. SPAD values remained high and homogeneous across treatments, ranging from 71.84 to 73.08. Therefore, the biostimulants generated formulation-specific responses, mainly by increasing pseudostem circumference and leaf emission, but did not significantly improve plant height or relative chlorophyll content. These findings highlight the importance of evaluating each formulation independently under commercial field conditions.

Keywords: Ascophyllum nodosum, seaweed extracts, chlorophyll, plant physiology

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Atribution 4.0 International.

INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa AAA*) constituye uno de los pilares de la agroexportación ecuatoriana y sostiene la economía de amplias zonas rurales de la costa del país (Aguilar Martínez et al., 2024). Su producción, sin embargo, enfrenta el deterioro de la fertilidad de los suelos, la variabilidad climática, la presión de la Sigatoka negra causada por *Pseudocercospora fijiensis* y una marcada dependencia de agroquímicos, lo que exige alternativas de manejo más sostenibles (Chavez-Navarrete et al., 2023).

Los bioestimulantes agrícolas responden a esa necesidad, pues mejoran el desempeño fisiológico del cultivo sin incrementar el aporte de nutrientes minerales. Du Jardin (2015) define a los bioestimulantes como cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, mejora su eficiencia en el uso de nutrientes y su tolerancia al estrés abiótico, independientemente de su propio contenido nutricional. Pero Yakhin et al. (2017) advirtieron que la heterogeneidad composicional de estos productos dificulta su estandarización, mientras que Rouphael y Colla (2020) los ubican como una alternativa para reducir el uso de insumos de síntesis para alcanzar una agricultura sostenible.

Entre los bioestimulantes no microbianos se distinguen los ácidos húmicos y fúlvicos, los hidrolizados de proteínas, el quitosano, los silicatos y los extractos de algas (Du Jardin, 2015). Los extractos de *Ascophyllum nodosum* (alga parda) concentran polisacáridos, compuestos fenólicos y fitohormonas que activan procesos de crecimiento y tolerancia al estrés (Craigie, 2011; Li et al., 2022). Colla et al. (2015) y Rouphael y Colla (2020) atribuyeron efectos análogos a los hidrolizados de proteínas, lo que indica que la respuesta vegetal depende del origen y de la composición bioactiva del producto.

En diversos cultivares, los extractos de *A. nodosum* mejoran variables fisiológicas clave e incrementan la tolerancia al estrés térmico debido a la acción de sus carbohidratos bioactivos (Tabet et al., 2021). Asimismo, Bulgari et al. (2019) documentaron aumentos en el contenido de clorofila y en la eficiencia fotosintética de hortalizas sometidas a estrés abiótico, mientras que Chen et al. (2021) reportaron incrementos en la actividad fisiológica, el rendimiento y el contenido de sacarosa en el cultivo de caña de azúcar.

En banano, la evidencia es igualmente favorable. Chavez-Navarrete et al. (2023) registraron incrementos del contenido de clorofila en las hojas. En vivero, Ugarte-Barco et al. (2022) aumentaron el diámetro del pseudotallo, la masa fresca radical y índice relativo de clorofila expresado en unidades SPAD en plántulas de *Musa AAA cv. Williams* con formulaciones que incluían *A. nodosum*. Tabet et al. (2021) demostraron que la aplicación de un bioestimulante a base de *Ascophyllum nodosum* (L.) en banano acorta el ciclo floración-cosecha y aumenta significativamente el peso del racimo, sin importar la vía de aplicación (foliar, fertirriego o mixta). Herrera y Madrigal (2026) redujeron el arrepollamiento e incrementaron el peso del racimo. Pero,

la magnitud de estas respuestas depende del tipo de alga, la dosis y el estado fenológico de las plantas (Ravi et al., 2018), así como del estado nutricional de las plantas. Ghaderiardestani et al. (2019) y Martínez et al., (2025) atribuyeron el efecto a una mayor absorción de nutrientes por la activación de transportadores iónicos después de aplicar bioestimulantes a base extractos de algas.

Pese a esta evidencia, la información sobre la respuesta fisiológica del banano *Musa AAA* cv. Williams frente a bioestimulantes foliares aplicados en campo sigue siendo limitada, ya que algunos trabajos destacan el efecto en banano por productos a base de aminoácidos y otros a los extractos de algas (Ugarte-Barco et al., 2022). En consecuencia, el objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de bioestimulantes foliares a base de extractos de algas marinas (*Ascophyllus nodosum*) sobre las variables de crecimiento del banano (*Musa AAA)* cv. Williams y del índice relativo de clorofila expresado en unidades SPAD.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en un lote de tres hectáreas del sector La Rosita, cantón Pasaje, provincia de El Oro (Ecuador), caracterizado por un clima tropical cálido y un suelo de textura franca. El material vegetal correspondió a una plantación comercial de banano (*Musa AAA)* clon Williams con cinco años de establecimiento y en plena fase productiva.

Diseño del experimento

El estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo, de tipo experimental y alcance explicativo, orientado a determinar la relación causal entre la aplicación de bioestimulantes foliares y la respuesta fisiológica del banano. Para ello se empleó un diseño de completo al azar (DCA), que permitió controlar la variabilidad del terreno y aislar el efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas.

Se evaluaron cuatro tratamientos, conformados por tres formulaciones de bioestimulantes comerciales de aplicación foliar y un testigo absoluto. Cada tratamiento contó con 10 plantas que fueron seleccionadas de forma homogénea para asegurar la comparabilidad de los datos. Los tratamientos se detallan a continuación (Tabla 1):

Tabla 1

Características de los tratamientos bioestimulantes aplicados en banano

Tratamiento	Producto comercial	Composición o característica principal	Dosis
T1	AGROSTEMIN®-GL	Extracto natural de *Ascophyllum nodosum* con precursores de auxinas, citoquininas y giberelinas, ácido algínico (2,50 %), manitol (1,24 %), K_2O (2,19 %), N (0,26 %), Ca (0,15 %), Mg (0,12 %), P_2O_5 (0,04 %)	1 L ha^{-1}
T2	KELPXIN	Extracto de *A. Nodosum)* y ácido algínico.	1 L ha^{-1}
T3	OPTIMARIS	Extracto concentrado de *A. nodosum* complementado con Ca y K_2O.	1 L ha^{-1}
T4	Testigo	Sin aplicación de bioestimulante.	0 L ha^{-1}

Las aplicaciones fueron tres realizadas por vía foliar mediante drones con una frecuencia de cuatro semanas entre aplicaciones.

Factores en estudio

Para evaluar el desarrollo de las plantas, se realizaron registros semanales a partir del 19 de noviembre de 2025 hasta finales de diciembre del mismo año. Luego, las evaluaciones se llevaron a cabo cada dos semanas hasta el periodo de cosecha, el cual transcurrió entre el 27 de abril y el 11 de mayo de 2026. Las variables medidas se detallan a continuación:

La altura de la planta (cm), con un valor inicial aproximado de dos metros al comienzo del ensayo, se midió con cinta métrica desde la base del pseudotallo, a nivel del suelo, hasta el punto de inserción de la hoja de cigarro. La circunferencia del pseudotallo (cm) se determinó con cinta métrica a 30 cm de la base del suelo, como indicador del vigor y la estabilidad estructural de la planta (Atacama et al., 2026). El número de hojas se obtuvo por conteo directo de las hojas funcionales presentes en cada planta. El contenido relativo de clorofila se estimó en unidades SPAD con un medidor portátil SPAD-502, aplicado sobre la tercera hoja funcional a partir del ápice, en el tercio medio del limbo y evitando la nervadura central (Ugarte-Barco et al., 2022).

A partir de estas cuatro variables se derivaron variables de incremento, calculadas como la diferencia entre el valor final (registrado a emisión de la inflorescencia), correspondiente al último registro de la planta y el primer registro tomado al inicio del ensayo. De este modo se obtuvieron el incremento en altura, el incremento en la circunferencia del pseudotallo, el número de hojas emitidas durante el período y la variación del contenido relativo de clorofila (unidades SPAD), variables que permitieron cuantificar la respuesta neta de cada tratamiento a lo largo del ciclo vegetativo.

Análisis estadístico

Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), previa verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$). Adicionalmente, la evolución del crecimiento a lo largo del tiempo se analizó mediante regresión, con el apoyo de un paquete estadístico R Core Team (2026).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La serie temporal de las tres variables en estudio (Figura 1) se evidencia un patrón de crecimiento no lineal en las tres variables evaluadas, con una fase inicial de establecimiento, un periodo de rápida expansión vegetativa y una etapa final de desaceleración.

La variable altura de planta aumentó sostenidamente desde 2,5 hasta más de 4,5 m, con mayor elongación entre las semanas 5 y 12 del estudio. El tratamiento T1 predominó entre las semanas 14 y 21, mientras T4 registró valores inferiores en el estudio. Este comportamiento coincide con Cruz-Lara et al. (2024), quienes reportaron variaciones entre 3 a 5 m de altura de

planta entre los tratamientos que atribuyeran según el bioestimulante y las condiciones ambientales.

La circunferencia del pseudotallo siguió una trayectoria sigmoidal más definida que la altura. Durante las primeras ocho semanas aumentó gradualmente de 38–40 a 52–55 cm, mientras que la mayor expansión ocurrió entre las semanas 8 y 14, con un incremento cercano a 20 cm en todos los tratamientos. A partir de la semana 18, las curvas tendieron a estabilizarse entre 80 y 86 cm, evidenciando una reducción progresiva de la tasa de engrosamiento. T1 comenzó a diferenciarse desde la semana 10 y mantuvo la mayor circunferencia hasta la semana 23, comportamiento congruente con la evaluación final, en la que superó significativamente a T2. En contraste, T2, T3 y T4 presentaron trayectorias similares, aunque T2 registró los valores finales más bajos. El desarrollo estructural y el engrosamiento del pseudotallo están regulados por fitohormonas que estimulan la división celular activa (Jiang et al., 2022), pudiendo ser este factor el determinante para un mayor desarrollo en las plantas de T1.

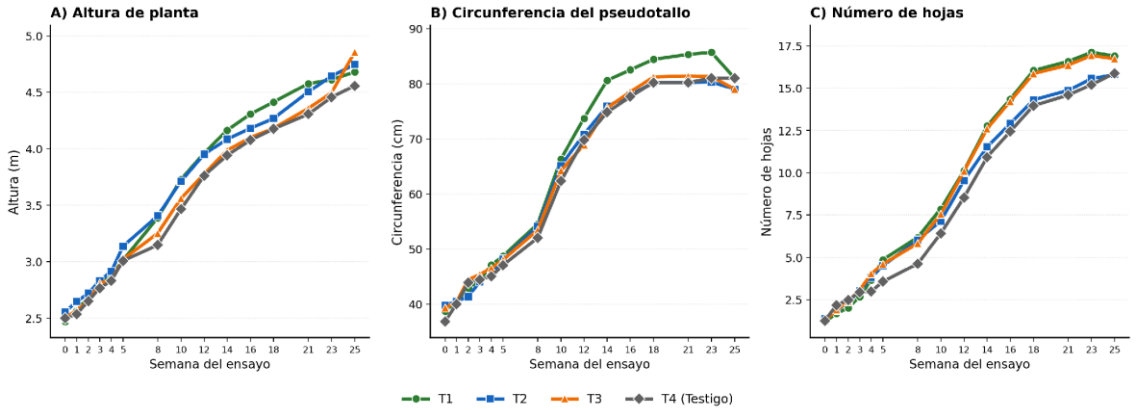
El número de hojas mostró el contraste más persistente entre tratamientos. Durante las primeras cinco semanas, las diferencias fueron reducidas; posteriormente, las trayectorias comenzaron a separarse. Entre las semanas 8 y 18 ocurrió la mayor emisión foliar, con un incremento aproximado de 6 a 16 hojas en T1 y T3. Desde la semana 18, la tasa de aparición disminuyó y las curvas se aproximaron a una meseta.

T1 y T3 mostraron trayectorias prácticamente coincidentes y superiores desde aproximadamente la semana 10 hasta el final del periodo, mientras que T2 presentó una respuesta intermedia y T4 mantuvo los valores más bajos durante gran parte del ensayo. Este patrón coincide con la comparación final: T1 y T3 superaron significativamente a T2 y al testigo. La persistencia de la separación durante varias semanas sugiere una respuesta más consistente que la observada para la altura.

Cruz-Lara et al. (2024) registraron diferencias en la emisión de hojas totales y funcionales de plátano según el bioestimulante y la localidad; en uno de los ambientes, el tratamiento más efectivo produjo incrementos de 37,2 y 39,1 % frente al control. Los autores también observaron asociaciones entre la emisión foliar, el diámetro del pseudotallo y la acumulación de biomasa. Esto coincide con el comportamiento conjunto de T1, que presentó simultáneamente mayor circunferencia y mayor número de hojas.

Figura 1

Dinámica temporal de variables morfológicas del banano bajo tratamientos bioestimulantes foliares



La Tabla 2 presenta los estadísticos descriptivos y la comparación de medias de las variables morfológicas evaluadas en el último registro del estudio. La altura de las plantas varió entre 4,48 y 4,71 m. Aunque T2 alcanzó la mayor media (4,71 ± 0,13 m) y superó numéricamente al testigo T4 (4,48 ± 0,18 m), pero no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos. Por tanto, los resultados muestran únicamente una tendencia favorable asociada con T2 y no permiten atribuir un incremento concluyente de la altura a la aplicación de los bioestimulantes. La tendencia observada podría relacionarse con los compuestos bioactivos de *Ascophyllum nodosum*, entre ellos polisacáridos, compuestos fenólicos, minerales y moléculas con actividad reguladora del crecimiento. Estos componentes pueden modular procesos fisiológicos asociados con la división y elongación celular, la nutrición y la respuesta al estrés (Ali et al., 2021; Mandal et al., 2023). Sin embargo, la ausencia de diferencias estadísticas indica que la respuesta en altura también estuvo condicionada por la variabilidad intrínseca de las plantas y las condiciones del cultivo.

La circunferencia del pseudotallo mostró una respuesta diferenciada entre los tratamientos. T1 registró la mayor media (85,70 ± 5,08 cm) y difirió significativamente ($P \leq 0.05$) de T2 (80,30 ± 2,91 cm), mientras que T3 y T4 presentaron valores intermedios y no se diferenciaron estadísticamente de ambos tratamientos. Valores obtenidos que son similares a los obtenidos por Atmaca et al. (2026) con rangos entre 79 a 88 cm de circunferencia.

En banano, una mayor circunferencia del pseudotallo puede contribuir al soporte de nutrientes de la planta madre cosechada. La respuesta observada en T1 podría estar asociada a una redistribución de fotoasimilados hacia el crecimiento longitudinal que ejercen las precursoras hormonales como citoquininas, auxinas, etc., (Ali et al., 2021).

Por otra parte, la emisión foliar presentó una respuesta más consistente. Los tratamientos T1 y T3 alcanzaron promedios de 17,18 ± 0,90 y 17,12 ± 0,99 hojas planta^{-1}, respectivamente, y superaron significativamente tanto a T2 (15,74 ± 0,60 hojas planta^{-1}) como al testigo T4 (15,44 ± 0,99 hojas planta^{-1}). La similitud entre T2 y el testigo indica que la respuesta no dependió

exclusivamente de la presencia de extracto de *A. nodosum*, sino posiblemente al estado nutricional inicial de cada planta. El mayor número de hojas funcionales en T1 y T3 representa una respuesta agronómicamente relevante, debido a que la superficie foliar disponible durante la emisión de la inflorescencia condiciona la fotosíntesis y el suministro de fotoasimilados para el desarrollo del racimo (Martínez et al., 2025). Los extractos de *A. nodosum* pueden contribuir al mantenimiento de la actividad foliar mediante la modulación del metabolismo antioxidante, la nutrición y los procesos relacionados con la senescencia (Ali et al., 2021).

En formulaciones de extractos de algas enriquecidas con el potasio (T3) puede favorecer la regulación osmótica y estomática, mientras que el calcio participa en la estabilidad de las membranas, la integridad de las paredes celulares y la señalización frente al estrés (Shukla et al., 2021).

Tabla 2

Análisis descriptivo de variables morfológicas en el último registro

Variable	Tratamiento	Media ± DE	Rango	Grupo estadístico
Altura de planta (m)	T1	4,63 ± 0,11	4,40–4,75	a
	T2	4,71 ± 0,13	4,53–4,94	a
	T3	4,64 ± 0,40	4,29–5,63	a
	T4	4,48 ± 0,18	4,24–4,80	a
Circunferencia pseudotallo (cm)	T1	85,70 ± 5,08	81,00–96,00	a
	T2	80,30 ± 2,91	74,00–84,00	b
	T3	81,75 ± 2,71	78,00–85,00	ab
	T4	80,80 ± 6,76	71,00–90,00	ab
Emision foliar (Hojas planta^{-1})	T1	17,18 ± 0,90	16,00–19,00	a
	T2	15,74 ± 0,60	15,00–17,00	b
	T3	17,12 ± 0,99	15,00–18,00	a
	T4	15,44 ± 0,99	14,00–17,00	b

Letras iguales en cada fecha indican ausencia de diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0,05$).

La Figura 2 muestra el efecto de los bioestimulantes sobre las tasas de crecimiento de las variables morfológicas. La altura no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,313$). T1 alcanzó la mayor tasa, con 9,38 ± 0,74 cm semana^{-1}, seguido de T2, T3 y el testigo, con 9,35 ± 0,58; 9,31 ± 1,70 y 8,61 ± 0,84 cm semana^{-1}, respectivamente. Estos valores fueron inferiores a los reportados por Miranda Ordóñez et al. (2021) para el clon 'Williams'. Sin embargo, los autores señalaron que la variación observada también pudo estar asociada con la heterogeneidad inicial de las plantas.

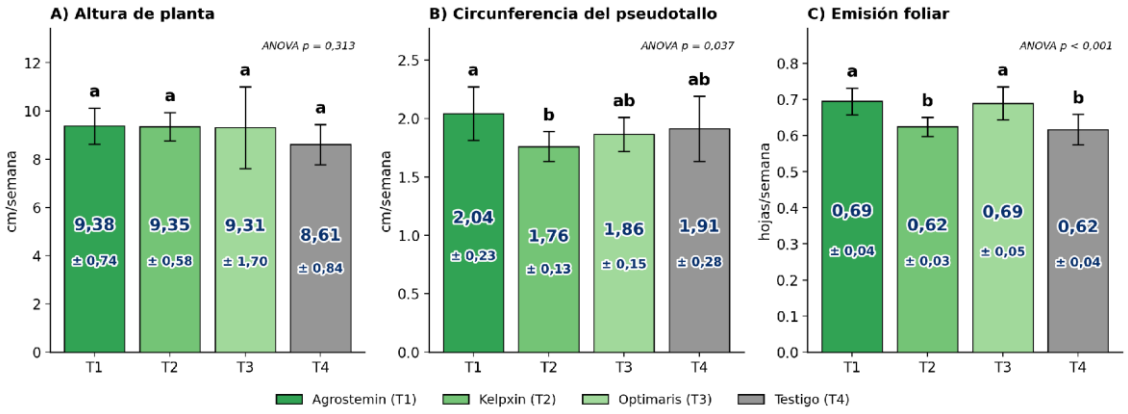
Para Cruz-Lara et al., (2024), explican que la respuesta de las musáceas a los bioestimulantes depende del tipo de estimulante y de las condiciones ambientales, por lo que sus efectos sobre la altura no siempre son consistentes. Asimismo, la estimulación de la fotosíntesis y la asimilación de carbono que se bioestimulan con los extractos de algas no necesariamente se traduce en un aumento inmediato de la altura (Chavez-Navarrete et al., 2023).

La tasa de crecimiento de la circunferencia del pseudotallo difirió significativamente entre tratamientos ($p = 0,037$). T1 presentó el mayor incremento ($2,04 \pm 0,23$ cm semana^{-1}) y superó a T2, T3 y al testigo, que registraron $1,76 \pm 0,13$; $1,86 \pm 0,15$ y $1,91 \pm 0,28$ cm semana^{-1}, respectivamente. Cruz-Lara et al. (2024) también observaron respuestas diferenciales en el diámetro del pseudotallo de plantas de *Musa* tratadas con bioestimulantes. Estos efectos pueden relacionarse con una mayor absorción de agua y nutrientes y con la modulación de procesos fisiológicos vinculados con el crecimiento. Además, una mayor asimilación de carbono podría favorecer la expansión de las vainas foliares que conforman el pseudotallo (Chavez-Navarrete et al., 2023).

La emisión foliar mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,001$). T1 y T3 alcanzaron las mayores tasas, con $0,69 \pm 0,04$ y $0,69 \pm 0,05$ hojas semana^{-1}, respectivamente, y superaron a T2 y al testigo, ambos con 0,62 hojas semana^{-1}. Este resultado representa un incremento aproximado de 11,3 % respecto al testigo y evidencia una mayor formación de hojas en T1 y T3. La respuesta podría asociarse con compuestos bioactivos que favorecen la expansión foliar, la concentración de pigmentos y la actividad fotosintética (Ghaderiardestani et al., 2019). De manera concordante, Verma et al. (2021) encontraron que los extractos de *A. nodosum* incrementaron el número y el área foliar, aunque el efecto dependió de la concentración y del método de aplicación.

Figura 2

Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre las tasas semanales de crecimiento



Letras iguales en cada fecha indican ausencia de diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0,05$).

La Tabla 3 presenta los valores del índice relativo de clorofila medidos en grados SPAD, los cuales no difirieron significativamente entre tratamientos ($p > 0,05$). Las medias oscilaron

entre 71,84 ± 4,36 unidades SPAD en T1 y 73,08 ± 3,86 en T3, mientras que el testigo alcanzó 72,23 ± 3,85. Las variaciones respecto al testigo fueron inferiores al 1,2 %, lo que evidencia una respuesta homogénea y la ausencia de un efecto significativo atribuible a los tratamientos. Los valores obtenidos superaron los 38,53–39,16 SPAD registrados por Cruz-Lara et al. (2024) y los 48,11–52,85 SPAD observados por Ávila-Campoverde et al. (2024). Aunque los bioestimulantes foliares pueden favorecer la acumulación de clorofila y modular procesos moleculares vinculados con la fotosíntesis y el desarrollo vegetal (Chavez-Navarrete et al., 2023), el índice SPAD también depende del cultivar, el estado fenológico, las condiciones ambientales, la hoja evaluada y, particularmente, la disponibilidad de nitrógeno; por tanto, los elevados valores registrados no pueden atribuirse exclusivamente a la aplicación de bioestimulantes.

Tabla 3

Índice SPAD del banano según el tratamiento bioestimulante

Tratamiento	Media ± DE (SPAD)	Amplitud	Grupo de Tukey
T1	71,84 ± 4,36	11,75	a
T2	72,68 ± 1,22	2,65	a
T3	73,08 ± 3,86	9,85	a
T4 (testigo)	72,23 ± 3,85	9,60	a

Letras iguales en cada fecha indican ausencia de diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0,05$).

CONCLUSIONES

La eficacia de los bioestimulantes foliares basados en *A. nodosum* dependió de su formulación y de la variable evaluada. T1 favoreció la circunferencia del pseudotallo y, junto con T3, incrementó la emisión foliar y su tasa semanal respecto al testigo. En contraste, los tratamientos no modificaron significativamente la altura, su tasa de crecimiento ni el índice SPAD. Por tanto, el objetivo del estudio se cumplió al demostrar que los bioestimulantes produjeron respuestas morfológicas específicas, pero no un efecto generalizado sobre el crecimiento y el contenido relativo de clorofila. Los resultados respaldan el potencial agronómico de T1 y T3 para favorecer el desarrollo estructural y foliar del banano; sin embargo, se requiere evaluar su efecto sobre rendimiento, peso del racimo y calidad del fruto antes de recomendar su incorporación al manejo comercial.

REFERENCIAS

Aguilar Martínez, J. E., Quevedo Guerrero, J. N., Chabla Carrillo, J. E., & Barrezueta Unda, S. A. (2024). Efectos de bioestimulantes en el comportamiento agronómico del cultivo de banano. *Polo del Conocimiento, 9*(3), 439–453. https://doi.org/10.23857/pc.v9i3.6658

Ali, O., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2021). Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. *Plants, 10*(3), Article 531. https://doi.org/10.3390/plants10030531

Atmaca, S., Yolcu, H. İ., Erdoğan, G., Sert, H., & Gübbük, H. (2026). Performance of different banana varieties (*Musa* spp. AAA) under protected cultivation in terms of morphological, yield and quality characteristics. *Horticultural Science, 53*(1), 27–37. https://doi.org/10.17221/51/2024-HORTSCI

Ávila-Campoverde, E. C., Castillo-Paredes, D. S., Villaseñor Ortiz, D., & García-Batista, R. M. (2024). Dinámica del desarrollo vegetativo del cultivo de banano mediante estimulación radical bajo riego por aspersión. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, 7*(1), 206–213. https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/683/676

Bulgari, R., Franzoni, G., & Ferrante, A. (2019). Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy, 9*(6), Article 306. https://doi.org/10.3390/agronomy9060306

Chavez-Navarrete, T., Sanchez-Timm, L., Pacheco-Coello, R., Baisakh, N., & Santos-Ordóñez, E. (2023). Identification of differential-expressed genes in banana-biostimulant interaction using suppression subtractive hybridization. *Agronomy, 13*(2), Article 415. https://doi.org/10.3390/agronomy13020415

Chen, D., Zhou, W., Yang, J., Ao, J., Huang, Y., Shen, D., Jiang, Y., Huang, Z., & Shen, H. (2021). Effects of seaweed extracts on the growth, physiological activity, cane yield and sucrose content of sugarcane in China. *Frontiers in Plant Science, 12*, Article 659130. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.659130

Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., & Rouphael, Y. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae, 196*, 28–38. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.037

Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology, 23*(3), 371–393. https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4

Cruz-Lara, D. A., Polanco-Díaz, E., Deaquiz-Oyola, Y. A., Betancourt-Vásquez, M., & Rodríguez-Yzquierdo, G. A. (2024). Evaluation of the effect of biostimulant substances on the growth and physiological response of Dominico-Hartón plantain (*Musa* AAB). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 18*(3), Article e17926. https://doi.org/10.17584/rcch.2024v18i3.17926

du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae, 196*, 3–14. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021

Herrera, A. C., & Madrigal, R. (2026). Efecto de bioestimulantes en la reducción de estrés y aumento del peso de racimos en el cultivo de banano. *Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia, 3*(1), Article 142. https://doi.org/10.62498/ARTC.26142

Li, J., Van Gerrewey, T., & Geelen, D. (2022). A meta-analysis of biostimulant yield effectiveness in field trials. *Frontiers in Plant Science, 13*, Article 836702. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.836702

Martínez, A. M., Darghan, A. E., González, N., Fandiño, M., & Balaguera-López, H. E. (2025). Relationship between the morphometric and nutritional variables of bananas (*Musa* AAA, Cavendish cv. Williams subgroup) and the formation of maturity bronzing. *Agronomy, 15*(10), Article 2316. https://doi.org/10.3390/agronomy15102316

R Core Team. (2026). *R: A language and environment for statistical computing* [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/

Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Editorial: Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science, 11*, Article 40. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040

Tabet, E., Al-Haf, R., Hosri, C., Zind, Z., Farah, L., & Darazy, D. (2021). The effect of fertigation and foliar application of seaweed's bio stimulant on banana yield. *Agricultural Science, 3*(1), Article 1. https://doi.org/10.30560/as.v3n1p1

Ugarte-Barco, F. A., Zhiñin-Huachun, I. A., & Hernández-Pérez, R. (2022). Influencia de bioestimulantes sobre caracteres morfológicos y agroquímicos del banano (*Musa* AAA cv. Williams). *Terra Latinoamericana, 40*, Article e1456. https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1456

Verma, N., Sehrawat, K. D., Mundlia, P., Sehrawat, A. R., Choudhary, R., Rajput, V. D., Minkina, T., van Hullebusch, E. D., Siddiqui, M. H., & Alamri, S. (2021). Potential use of *Ascophyllum nodosum* as a biostimulant for improving the growth performance of *Vigna aconitifolia* (Jacq.) Marechal. *Plants, 10*(11), Article 2361. https://doi.org/10.3390/plants10112361

Yakhin, O. I., Lubyanov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science, 7*, Article 2049. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049