

Bioestimulantes y respuesta diferencial del crecimiento inicial en tres especies forestales tropicales bajo condiciones de vivero

Biostimulants drive differential early growth responses in three tropical forest species under nursery conditions

Kevin Damian Zambrano-Benavides ^{1*}, Dialis Isabel Bustamante-Moyan ², Mercedes Susana Carranza-Patiño ³, Dayanara Lisbeth Alcívar-Lara ⁴ y Melissa Lisbeth Zambrano-Jaime ⁵

Cita: Zambrano-Benavides, K. D., Bustamante-Moyan, D. I., Carranza-Patiño, M. S., Alcívar-Lara, D. L., & Zambrano-Jaime, M. L. (2026). Bioestimulantes y respuesta diferencial del crecimiento inicial en tres especies forestales tropicales bajo condiciones de vivero. *Horizon Nexus Journal*, 4(1), 165-182. <https://doi.org/10.70881/hnj/v4/n1/107>

Recibido: 03/02/2026
Revisado: 10/03/2026
Aceptado: 12/03/2026
Publicado: 13/03/2026



Copyright: © 2026 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC)**.

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo; <https://orcid.org/0009-0004-3903-7158>

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo; <https://orcid.org/0009-0007-9025-706X>; dialis.bustamante2016@uteq.edu.ec

³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo; <https://orcid.org/0000-0002-0917-0415>; mcarranza@uteq.edu.ec

⁴ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo; <https://orcid.org/0009-0009-5611-2953>; dayanara.alcivar2017@uteq.edu.ec

⁵ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, Quevedo; <https://orcid.org/0009-0002-9735-2266>; melissa.zambrano2017@uteq.edu.ec

* Correspondencia: kzambranob@uteq.edu.ec

 <https://doi.org/10.70881/hnj/v4/n1/107>

Resumen: El establecimiento exitoso de plántulas forestales depende del vigor inicial y de la eficiencia fisiológica durante la etapa de vivero. El presente estudio evaluó la respuesta del crecimiento inicial de *Tectona grandis*, *Ochroma pyramidale* y *Gmelina arborea* bajo la aplicación de bioestimulantes comerciales. El experimento se desarrolló en el cantón Buena Fe, provincia de Los Ríos, Ecuador, utilizando un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 4 correspondiente a tres especies forestales y cuatro tratamientos de bioestimulantes (V8THOR, EVERGREEN, CYTOKIN y control). Se evaluaron variables morfológicas como altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas y longitud de raíz a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de los tratamientos. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los resultados mostraron diferencias significativas entre especies y bioestimulantes en varias variables de crecimiento. *G. arborea* presentó los mayores valores en altura y longitud de raíz, especialmente en combinación con el bioestimulante V8THOR. El análisis económico indicó que todos los tratamientos fueron rentables, destacándose el tratamiento *O. pyramidale* sin bioestimulante con la mayor relación beneficio–costo. Los resultados evidencian que la respuesta a bioestimulantes depende de la especie forestal y que su aplicación puede contribuir a mejorar el crecimiento inicial de plántulas en viveros tropicales.

Palabras clave: bioestimulantes vegetales, crecimiento, costo-eficiente, rendimiento, rentabilidad, salud.

Abstract: The successful establishment of forest seedlings depends on initial vigor and physiological efficiency during the nursery stage. This study evaluated the initial growth response of *Tectona grandis*, *Ochroma pyramidale*, and *Gmelina arborea* under the application of commercial biostimulants. The experiment was conducted in the Buena Fe canton, Los Ríos province, Ecuador, using a completely randomized design with a 3 × 4 factorial arrangement corresponding to three forest species and four biostimulant treatments (V8THOR, EVERGREEN, CYTOKIN, and control). Morphological variables such as plant height, stem diameter, number of leaves, and root length were evaluated 15, 30, and 45 days after treatment application. The data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and comparison of means using Tukey's test ($p \leq 0.05$). The results showed significant differences between species and biostimulants in several growth variables. *G. arborea* showed the highest values in root height and length, especially in combination with the biostimulant V8THOR. The economic analysis indicated that all treatments were profitable, with the *O. pyramidale* treatment without biostimulant standing out as having the highest benefit-cost ratio. The results show that the response to biostimulants depends on the forest species and that their application can contribute to improving the initial growth of seedlings in tropical nurseries.

Keywords: plant biostimulants, growth, cost-efficiency, performance, profitability, health.

1. Introducción

Los ecosistemas forestales tropicales desempeñan un papel fundamental en la regulación climática, la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad, por lo que los programas de reforestación constituyen estrategias prioritarias para la sostenibilidad ambiental global (Mieles-Giler et al. 2024). La producción de plántulas de alta calidad en vivero representa una etapa crítica, debido a que el vigor inicial condiciona la supervivencia y el establecimiento exitoso en campo definitivo (Cardarelli et al., 2022). Diversos estudios indican que factores como la eficiencia nutricional, el desarrollo radicular y la estabilidad fisiológica determinan el desempeño temprano de las especies forestales tropicales (Rouphael y Colla, 2020; Loiskandl y Nolz, 2021; Peña, 2024). La optimización del crecimiento inicial mediante herramientas sostenibles se ha convertido en un objetivo central de la silvicultura moderna, especialmente bajo escenarios de cambio climático. Sin embargo, a pesar de estos avances, aún persisten limitaciones técnicas relacionadas con la mejora fisiológica temprana de las plántulas en vivero, lo que conduce a cuestionar qué estrategias permiten maximizar su desempeño inicial (Peña, 2024).

Aunque los bioestimulantes vegetales han ganado atención como alternativas sostenibles para mejorar el crecimiento vegetal, todavía existe incertidumbre sobre su comportamiento en especies forestales tropicales, particularmente durante las fases iniciales de desarrollo (du Jardin, 2015; Cué García et al., 2019). La mayoría de las investigaciones recientes se han concentrado en cultivos agrícolas, dejando un vacío importante respecto a la respuesta diferencial entre especies forestales bajo condiciones controladas de vivero (Yuliano y Vargas Vargas, 2023). Asimismo, la interacción entre composición bioquímica de los bioestimulantes y características fisiológicas específicas de cada especie permanece insuficientemente documentada, lo que limita la generación de recomendaciones técnicas confiables (Wang et al., 2021).

Esta falta de evidencia comparativa dificulta establecer criterios de manejo basados en eficiencia biológica y económica. En consecuencia, resulta necesario profundizar en estudios experimentales que permitan comprender cómo varía la respuesta del crecimiento temprano entre especies forestales sometidas a bioestimulación. En este

sentido, la literatura científica ha demostrado que los bioestimulantes pueden modular procesos fisiológicos clave como la actividad fotosintética, la absorción de nutrientes y la regulación hormonal, promoviendo incrementos significativos en el crecimiento vegetal (Loiskandl y Nolz, 2021). Investigaciones recientes reportan que compuestos ricos en aminoácidos, extractos vegetales y fitohormonas favorecen la elongación celular y el desarrollo radicular mediante la activación de rutas metabólicas relacionadas con auxinas y giberelinas (Rouphael y Colla, 2020); Alfaro-Fernández et al., 2024). Además, se ha observado que los bioestimulantes contribuyen a mejorar la tolerancia al estrés abiótico mediante la regulación del balance antioxidante y la eficiencia en el uso del agua y nutrientes (Mahmoud et al., 2022). Estos efectos sugieren un potencial considerable para mejorar la calidad fisiológica del material vegetal producido en vivero. La magnitud de estas respuestas depende en gran medida de la especie evaluada y de las condiciones ambientales de producción (Alfaro-Fernández et al., 2024).

En especies forestales, algunos estudios han evidenciado mejoras en parámetros morfológicos y fitosanitarios tras la aplicación de bioestimulantes, aunque los resultados muestran variabilidad significativa entre taxones y sistemas de producción (Gómez et al., 2023; Povero, 2020; González-Morales et al., 2021). Se ha reportado que especies de rápido crecimiento presentan mayor sensibilidad a compuestos bioactivos debido a su elevada tasa metabólica, mientras que otras especies responden de manera limitada o inconsistente (Tietel et al., 2022). Asimismo, investigaciones recientes resaltan que la evaluación conjunta de variables agronómicas y económicas permite determinar la viabilidad real de estas tecnologías en sistemas productivos forestales (El Jazouli et al., 2024). Por ello, integrar análisis morfológicos, fitosanitarios y de rentabilidad constituye un enfoque necesario para interpretar adecuadamente la eficiencia de los bioestimulantes. Esta necesidad conduce a plantear investigaciones comparativas que permitan validar su aplicación bajo condiciones tropicales reales.

El presente estudio tuvo como propósito analizar la respuesta del crecimiento inicial de *T. grandis*, *O. pyramidale* y *G. arborea* bajo la aplicación de diferentes bioestimulantes comerciales en condiciones de vivero tropical. Se evaluaron variables morfológicas, fitosanitarias y económicas con el fin de identificar combinaciones que optimicen el desarrollo temprano de las plántulas (Cardarelli et al., 2022; Lemus-Soriano et al., 2021). La investigación busca aportar evidencia experimental que contribuya a mejorar los sistemas de producción forestal sostenible y fortalecer los programas de reforestación en regiones tropicales. De esta manera, los resultados pretenden reducir la brecha existente entre el conocimiento agronómico generado en cultivos agrícolas y su aplicación en especies forestales. El estudio proporciona bases científicas para el diseño de estrategias diferenciadas de manejo en viveros forestales. Se plantea la hipótesis de que los bioestimulantes comerciales inducen respuestas diferenciadas de crecimiento entre especies forestales tropicales durante la fase de vivero, debido a las diferencias fisiológicas y metabólicas propias de cada especie.

2. Materiales y Métodos

El experimento se desarrolló en la Finca “Benavides”, ubicada en el cantón Buena Fe, provincia de Los Ríos, Ecuador (0°46'45" S; 79°28'20" O), a una altitud promedio de 123 m s.n.m. La zona presenta clima tropical húmedo, con temperatura media anual de 24,4 °C, humedad relativa cercana al 85 % y precipitación promedio anual de

aproximadamente 2000 mm, condiciones características de sistemas forestales del litoral ecuatoriano. Estas condiciones ambientales favorecen el crecimiento rápido de especies forestales tropicales y permiten evaluar respuestas fisiológicas durante la fase de vivero bajo condiciones representativas de producción regional. La caracterización edafoclimática resulta fundamental debido a que el desempeño de bioestimulantes depende de la interacción entre ambiente y metabolismo vegetal (Ma et al., 2022). La localización del estudio proporciona un escenario adecuado para analizar la respuesta inicial de plántulas forestales.

2.1. Descripción del estudio

2.2.1. Tipo de investigación

Se trató de un estudio experimental que evaluó la eficiencia de diferentes bioestimulantes en el desarrollo inicial de tres especies forestales. Para ello, se implementaron experimentos controlados que permitieron comparar los efectos de los bioestimulantes sobre el crecimiento y la salud de las plantas.

2.2.2. Diseño de la investigación

El experimento se estableció bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial, considerando dos factores: especies forestales (factor A) y tipo de bioestimulante (factor B). La combinación de los niveles de ambos factores generó 12 tratamientos experimentales, correspondientes a las interacciones entre especies y bioestimulantes. Cada tratamiento se evaluó con tres repeticiones, lo que permitió un total de 36 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo constituida por siete plántulas cultivadas en contenedores individuales bajo condiciones homogéneas de vivero, alcanzando un total de 252 plantas evaluadas en el experimento. El análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA) para un diseño factorial, con el objetivo de determinar los efectos del factor especie, del bioestimulante y de la interacción entre ambos factores sobre las variables evaluadas. Cuando se detectaron diferencias estadísticas significativas, se aplicaron pruebas de comparación de medias para identificar los tratamientos con mayor efecto en el crecimiento de las plántulas.

2.2.3. Factores

El Factor A, que consistió en tres especies forestales, específicamente *O. pyramidale*, *G. arborea* y *T. grandis*, y el Factor B, que incluyó cuatro tratamientos de bioestimulantes: V8THOR, EVERGREEN, CYTOKIN, y un tratamiento control sin bioestimulante.

2.3. Variables evaluadas

2.3.1. Altura de las plántulas (cm)

La altura se midió a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de tratamientos utilizando una regla milimetrada desde la base del tallo hasta el ápice foliar. Se evaluaron diez plántulas seleccionadas aleatoriamente por unidad experimental. Esta variable constituye un indicador directo del crecimiento vegetativo temprano y del vigor inicial de la planta (Yakhin et al., 2017).

2.3.2. Diámetro de las plántulas (mm)

El diámetro se determinó a nivel del cuello de la plántula mediante calibrador digital de precisión ($\pm 0,01$ mm) en los mismos intervalos temporales. Este parámetro se relaciona con la resistencia mecánica y la capacidad de establecimiento posterior en campo (Andivia et al., 2021).

2.3.3. Cantidad de hojas

El conteo de hojas completamente expandidas se realizó de forma manual en cada periodo de evaluación. Este indicador refleja la actividad fotosintética potencial y el desarrollo foliar asociado al balance hormonal vegetal (Franzoni et al., 2022).

2.3.4. Largo de las raíces (cm)

Al finalizar el experimento (45 días), las raíces fueron extraídas cuidadosamente, lavadas con agua corriente y medidas mediante regla graduada desde el cuello hasta el ápice radical. El crecimiento radicular se considera un parámetro clave para la absorción de agua y nutrientes en etapas iniciales (Shahrajabian et al., 2021).

2.4. Sistema de notación de Munsell y escala fitosanitaria

La coloración de hojas y tallos fue evaluada mediante el sistema de notación Munsell para registrar cambios asociados al estado nutricional y fisiológico de las plántulas. Paralelamente, el estado fitosanitario se clasificó mediante una escala ordinal de cuatro niveles (0–3), donde el grado 0 representó ausencia de síntomas y el grado 3 daño severo. Este tipo de evaluación permite complementar la interpretación del vigor vegetal mediante indicadores visuales estandarizados (Basave-Villalobos et al., 2022). Los registros se realizaron sobre cinco individuos por unidad experimental.

2.4.1. Tallo

En esta variable se emplearon las diferentes escalas que existen dentro del espectro del sistema de notación Munsell. Donde se tomaron como referencia cinco individuos de cada unidad experimental.

2.4.2. Hojas

Para esta variable se empleó las distintas escalas disponibles en el sistema de notación Munsell para esta variable. Se tomaron como referencia cinco ejemplares de cada unidad experimental.

2.4.3. Fitosanitario

Para el análisis de esta variable se empleó cuatro niveles. El grado 0 indica que la planta está sana, sin evidencia de síntomas visibles. En el grado 1, la planta presenta estrías longitudinales o grupos de ellas, que generalmente no exceden los 0,5 cm, y a menudo se acompañan de manchas de color café que las rodean. El grado 2 muestra plantas con manchas asimétricas de coloración café, que varían entre claro y oscuro, con posibles combinaciones con estrías. Estas manchas afectan hasta dos terceras partes de la zona basal del tallo, deteriorando su rigidez. Las estrías en esta fase son agrupadas y de más de 0,5 cm. Finalmente, el grado 3 representa una infección severa que compromete completamente la zona basal del tallo, lo que provoca que la planta

pierda rigidez y se quiebre, causando su muerte. La coloración de esta zona es de un marrón oscuro a negro.

2.5. Relación beneficio costo

Se estimó la relación beneficio-costo considerando gastos de establecimiento del vivero, adquisición de insumos y valor comercial estimado de las plántulas obtenidas. La relación beneficio-costo (B/C) se calculó como el cociente entre ingresos totales y costos de producción, criterio ampliamente utilizado para evaluar viabilidad económica en sistemas forestales productivos (Raupp et al., 2020). Valores superiores a uno indicaron rentabilidad económica del tratamiento evaluado. Para esto se utilizó la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{\text{Ingreso Total}}{\text{Costos Total}}$$

2.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a pruebas de normalidad (Shapiro–Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene) para verificar los supuestos del análisis de varianza. Posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) bajo un modelo factorial 3×4 correspondiente a tres especies forestales y cuatro bioestimulantes. Cuando se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software InfoStat versión 2020.

3. Resultados

Las variables evaluadas se presentan mediante las siguientes abreviaturas: AP (altura de planta), DP (diámetro de planta), NHP (número de hojas por planta) y LR (longitud de raíz). Estas variables permitieron evaluar el crecimiento morfológico de las plántulas durante el periodo experimental.

3.1. Crecimiento de las tres especies forestales tratadas con diferentes bioestimulantes

3.1.1. Altura de las plántulas

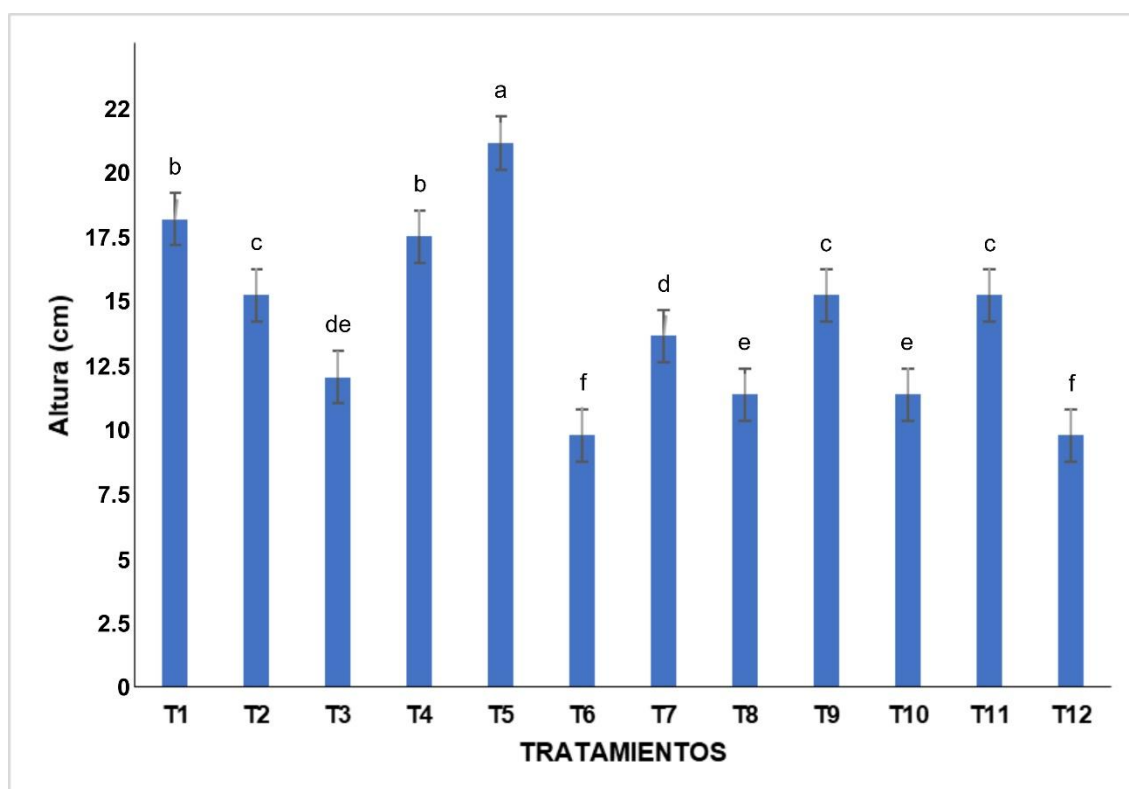
El análisis del factor especie evidenció diferencias significativas en la altura de las plántulas durante los tres periodos de evaluación (Tabla 1). *G. arborea* presentó los mayores valores de crecimiento en todas las fechas evaluadas, alcanzando 14.88 cm, 17.38 cm y 19.88 cm a los 15, 30 y 45 días, respectivamente. En contraste, *T. grandis* registró los menores valores de altura con promedios de 5.70 cm, 6.60 cm y 7.50 cm en los mismos periodos. Por su parte, *O. pyramidale* mostró valores intermedios de crecimiento durante el desarrollo inicial de las plántulas.

En cuanto al factor de bioestimulantes, el tratamiento con V8THOR (B1) mostró consistentemente los valores más elevados en todos los periodos: 9.34 cm a los 15 días, 10.98 cm a los 30 días y 12.61 cm a los 45 días (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de bioestimulantes sobre la altura de plántulas en *O. pyramidale*, *G. arborea* y *T. grandis*.

Factor A	AP 15	± SE	AP 30	± SE	AP 45	± SE			
<i>O. pyramidale</i>	5.60	0.07	b	7.10	0.07	b	8.60	0.08	b
<i>G. arborea</i>	14.88	0.23	a	17.38	0.23	a	19.88	0.23	a
<i>T. grandis</i>	5.70	0.06	b	6.60	0.06	c	7.50	0.06	c
Factor B	AP 15	± SE	AP 30	± SE	AP 45	± SE			
V8THOR	9.34	1.69	a	10.98	1.91	a	12.61	2.13	a
EVERGREEN	8.63	1.55	b	10.24	1.77	b	11.86	2.00	b
CYTOKIN	8.60	1.50	b	10.23	1.72	b	11.87	1.94	b
CONTROL	8.33	1.42	b	9.99	1.63	b	11.64	1.85	b
CV%	4.68		4.14		3.76				

En la figura 1, la interacción especie-bioestimulante destacó al tratamiento T5 (*G. arborea* + V8THOR) con el promedio más alto (21.10 cm). Por el contrario, T9 (*T. grandis* + V8THOR) y otros tratamientos relacionados con *T. grandis* registraron los valores más bajos, entre 7.40 cm y 7.77 cm.



Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 1. Interacción de los diferentes tratamientos entre bioestimulantes y especies forestales correspondientes a la altura de las plántulas de *O. pyramidale*, *G. arborea* y *T. grandis*.

3.1.2. Diámetro de las plántulas

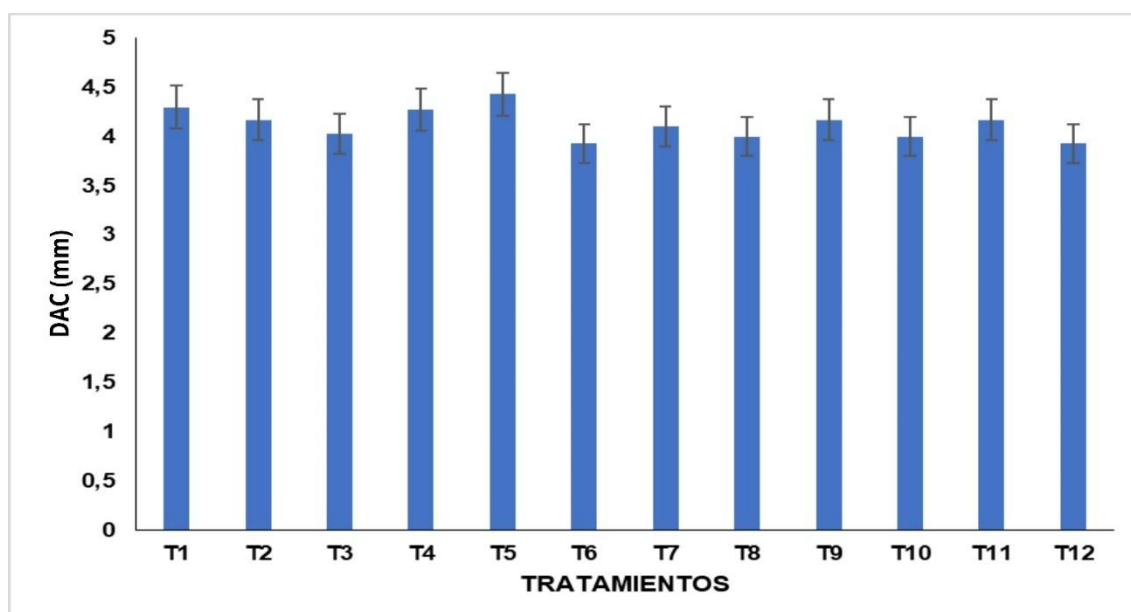
En el factor de especies, a los 15 días, *T. grandis* (A3) reportó el mayor promedio con 3.02 mm, mientras que *O. pyramidale* (A1) y *G. arborea* (A2) mostraron promedios más bajos 2.58 mm y 2.59 mm, respectivamente. Para los periodos de 30 y 45 días no se encontraron diferencias significativas (Tabla 2).

Respecto al factor de bioestimulantes, V8THOR (B1) destacó con el diámetro a nivel del cuello más elevado 2.94 mm a los 15 días, superando a EVERGREEN (B2), CYTOKIN (B3) y el control (B4), que tuvieron promedios entre 2.60 mm y 2.70 mm. Al igual que en el análisis por especies, no hubo diferencias significativas a los 30 y 45 días (Tabla 2).

Tabla 2. Diámetro a nivel del cuello de plántulas en tres especies forestales bajo diferentes bioestimulantes.

Factor A	DP 15	± SE		DP 30	± SE		DP 45	± SE	
<i>O. pyramidale</i>	2.58	0.05	b	3.38	0.05	a	4.17	0.08	a
<i>G. arborea</i>	2.59	0.06	b	3.39	0.06	a	4.19	0.06	a
<i>T. grandis</i>	3.02	0.04	a	3.52	0.04	a	4.02	0.04	a
Factor B	DP 15	± SE		DP 30	± SE		DP 45	± SE	
V8THOR	2.94	0.06	a	3.62	0.04	a	4.30	0.06	a
EVERGREEN	2.68	0.07	b	3.36	0.04	a	4.03	0.07	a
CYTOKIN	2.70	0.09	b	3.40	0.06	a	4.10	0.05	a
CONTROL	2.60	0.09	b	3.33	0.04	a	4.07	0.09	a
CV%	4.14			13.21			21.62		

En la Figura 2, se observan la interacción de los diferentes tratamientos evaluados dentro del estudio para el diámetro de las plántulas, donde no se reportaron diferencias estadísticas significativas entre ninguno de ellos.



Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 2. Interacción de los diferentes tratamientos entre bioestimulantes y especies forestales correspondientes al diámetro de las plántulas de *O. pyramidale*, *G. arborea* y *T. grandis*.

3.1.3. Número de hojas

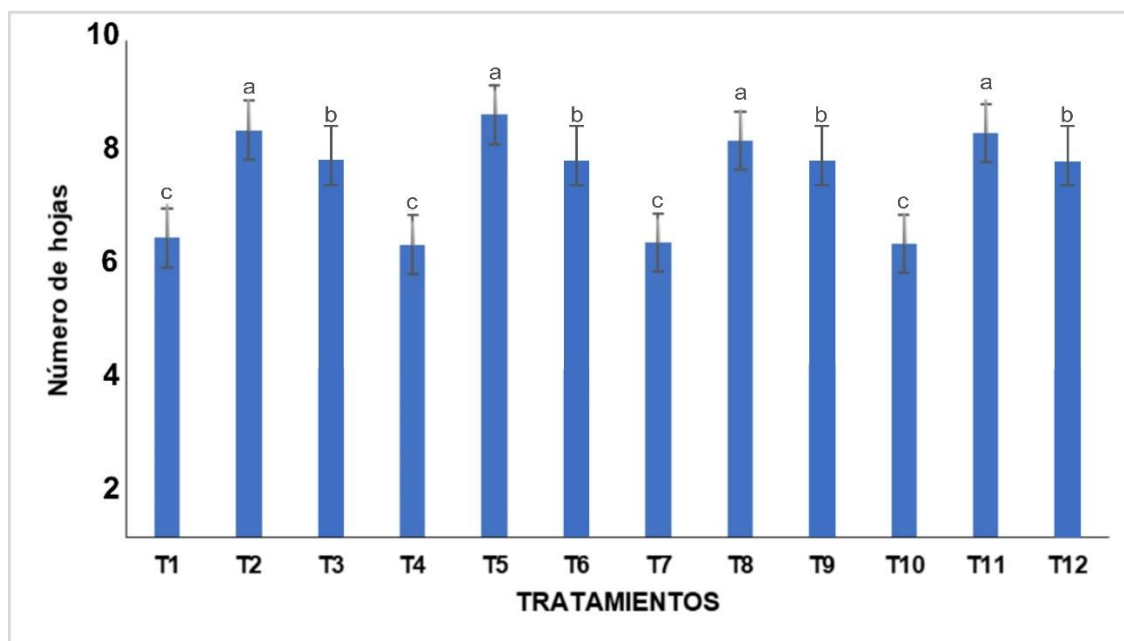
En el factor de especies, *G. arborea* (A2) registró el mayor número de hojas (8.00) a los 15 días, mientras que *T. grandis* (A3) tuvo el menor valor (4.00). A los 30 días, *G. arborea* mantuvo este promedio, pero tanto *G. arborea* como *T. grandis* disminuyeron a 6.00 hojas. A los 45 días, *G. arborea* y *T. grandis* presentaron los promedios más altos (8.33 y 8.17, respectivamente), siendo *O. pyramidale* (A1) la especie con el menor promedio (6.42) (Tabla 3).

En cuanto al factor bioestimulante, no se encontraron diferencias significativas en los periodos evaluados (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto de bioestimulantes sobre el número de hojas en *O. pyramidale*, *G. arborea* y *T. grandis*.

Factor A	NHP 15	± SE	NHP 30	± SE	NHP 45	± SE
<i>O. pyramidale</i>	6.00	0.00	b	6.00	0.00	b
<i>G. arborea</i>	8.00	0.00	a	8.00	0.00	a
<i>T. grandis</i>	4.00	0.00	c	6.00	0.00	b
Factor B	NHP 15	± SE	NHP 30	± SE	NHP 45	± SE
V8THOR	6.00	0.58	a	6.67	0.33	a
EVERGREEN	6.00	0.58	a	6.67	0.33	a
CYTOKIN	6.00	0.58	a	6.67	0.33	a
CONTROL	6.00	0.58	a	6.67	0.33	a
CV%	2.07		9.07		7.69	

En la Figura 3, la interacción T5 (*G. arborea* + V8THOR) y otros tratamientos similares tuvieron promedios altos (8.33), mientras que tratamientos asociados a *O. pyramidale* como T1 (6.33) reportaron los valores más bajos.



Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 3. Interacción de los diferentes tratamientos entre bioestimulantes y especies forestales correspondientes al número de hojas en las plántulas de *O. pyramidale*, *G. arborea* y *T. grandis*.

4.1.4. Longitud de la raíz

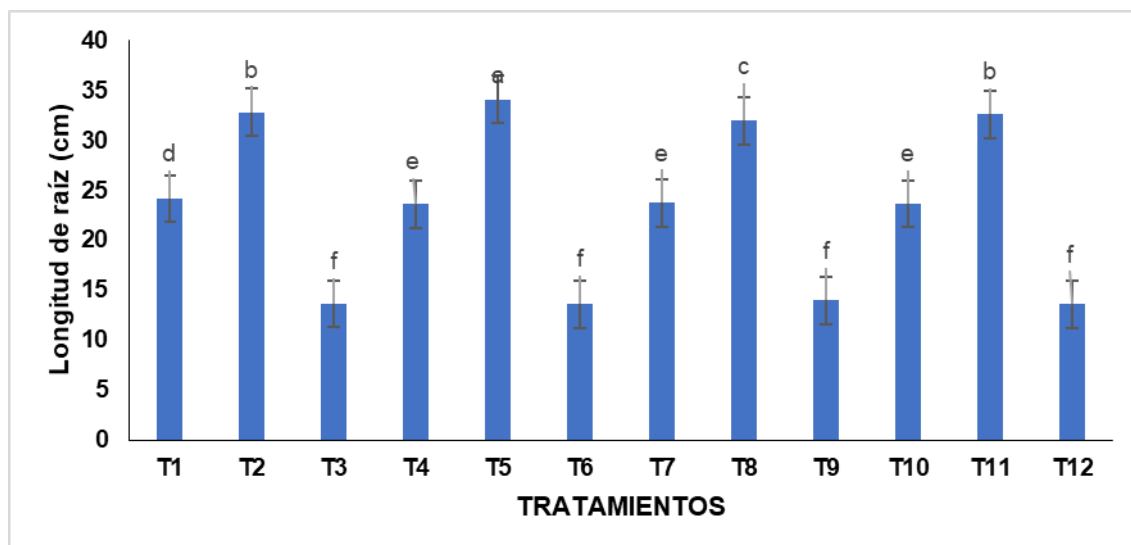
Para la longitud de la raíz, el análisis por especies reveló que *G. arborea* (A2) obtuvo los valores más altos en los tres periodos evaluados: 14.88 cm a los 15 días, 23.88 cm a los 30 días y 32.88 cm a los 45 días. En contraste, *T. grandis* (A3) presentó los valores más bajos, que oscilaron entre 5.70 cm y 13.70 cm (Tabla 4).

El bioestimulante V8THOR (B1) sobresalió con los mayores promedios en los tres periodos: 11.41 cm a los 15 días, 17.74 cm a los 30 días y 24.08 cm a los 45 días (Tabla 4).

Tabla 4. Longitud de la raíz en tres especies forestales bajo diferentes bioestimulantes.

Factor A	AP 15	± SE	AP 30	± SE	AP 45	± SE
<i>O. pyramidale</i>	11.80	0.07	17.80	0.07	23.80	0.07
<i>G. arborea</i>	14.88	0.23	23.88	0.23	32.88	0.23
<i>T. grandis</i>	5.70	0.06	9.70	0.06	13.70	0.06
Factor B	AP 15	± SE	AP 30	± SE	AP 45	± SE
V8THOR	11.41	1.48	17.74	2.19	24.08	2.91
EVERGREEN	10.70	1.35	17.03	2.06	23.37	2.78
CYTOKIN	10.67	1.32	17.00	2.03	23.33	2.74
CONTROL	10.40	1.25	16.73	1.95	23.07	2.66
CV%	3.97		2.65		2.00	

En la Figura 4, interacción especie-bioestimulante posicionó a T5 (*G. arborea* + V8THOR) como el tratamiento más eficaz, con un promedio de 34.10 cm a los 45 días. En contraste, T3, T6, T9 y T12, asociados a *T. grandis*, registraron las menores longitudes, entre 13.60 cm y 13.97 cm.



Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)













Figura 4. Interacción de los diferentes tratamientos entre bioestimulantes y especies forestales correspondientes a la longitud de la raíz en plántulas de *O. pyramidale*, *G. arborea* y *T. grandis*.

4.2. Eficiencia de los diferentes tipos de bioestimulantes en el desarrollo inicial de especies forestales

En la tabla 5, se muestran los valores obtenidos para la coloración de hojas y tallos, además de la escala fitosanitaria para los diferentes tratamientos empleados en el estudio.

En el primer caso, para las hojas se muestra que existe una predominancia del color 2.5 GY 7/10 presente en seis tratamientos, mientras que el color 2.5 GY 5/8 fue el que menor abundancia reportó en un solo tratamiento. Para el segundo caso correspondiente a la coloración del tallo se observa que el color 7.5 GY 5/8 fue predominante en siete tratamientos dentro del estudio, mientras que el 7.5 GY 5/10 fue el que menor abundancia reportó con un total de dos tratamientos dentro del estudio. Para el estado fitosanitario de las plántulas en cada uno de los tratamientos se presentó como la más abundante la categoría 0 lo que significa que no se presentó indicadores de individuos fitófagos o enfermedades.

Tabla 5. Cuadro comparativo de la eficiencia de los diferentes tipos de bioestimulantes empleando el sistema de notación Munsell y la escala de diagnóstico fitosanitario.

Tratamiento	Descripción	Ítem Hojas	Ítem Tallo	NM	ESC FIT
T1	<i>O. pyramidale</i> *V8THOR	2.5 GY 4/6	7.5 GY 5/8	TALLO 	0
T2	<i>G. arborea</i> *EVERGREEN	2.5 GY 7/10	7.5 GY 5/8	7.5 GY 5/8 	0
T3	<i>T. grandis</i> *CYTOKIN	2.5 GY 7/10	7.5 GY 6/10		0
T4	<i>O. pyramidale</i> *CONTROL	2.5 GY 4/6	7.5 GY 5/8	7.5 GY 5/10 	0
T5	<i>G. arborea</i> *V8THOR	2.5 GY 7/10	7.5 GY 5/8		0
T6	<i>T. grandis</i> *EVERGREEN	2.5 GY 4/6	7.5 GY 6/10	7.5 GY 6/10 	0
T7	<i>O. pyramidale</i> *CYTOKIN	2.5 GY 4/6	7.5 GY 5/10	Hojas 	0
T8	<i>G. arborea</i> *CONTROL	2.5 GY 5/8	7.5 GY 5/8	2.5 GY 7/10 	0
T9	<i>T. grandis</i> *V8THOR	2.5 GY 7/10	7.5 GY 5/10		0
T10	<i>O. pyramidale</i> *EVERGREEN	2.5 GY 4/6	7.5 GY 6/10	2.5 GY 4/6 	0
T11	<i>G. arborea</i> *CYTOKIN	2.5 GY 7/10	7.5 GY 5/8		0
T12	<i>T. grandis</i> *CONTROL	2.5 GY 7/10	7.5 GY 5/8	2.5 GY 5/8 	0

4.3. Relación beneficio/costo de los en el desarrollo inicial de las especies forestales empleando diferentes tipos de bioestimulantes

Los diferentes tratamientos evaluados en la investigación, destacándose el tratamiento T4 (*O. pyramidale* * CONTROL) como el más rentable. Este tratamiento mostró los valores más altos en cuanto a beneficio-costo, con un rendimiento de \$13.68, una relación beneficio/costo de 0.16 y una rentabilidad del 1.60.

En contraste, el tratamiento T3 (*T. grandis* * CYTOKIN) reportó los menores valores, con un beneficio-costo de \$12.68, una relación beneficio/costo de 0.13 y una rentabilidad de 1.27. Aunque los resultados varían entre los tratamientos, el análisis económico indica que todos los tratamientos poseen valores de rentabilidad superiores a 1, lo cual implica que son económicamente viables y sugieren un retorno positivo sobre la inversión.

4. Discusión

4.1. Comparación del crecimiento de especies forestales bajo diferentes bioestimulantes

Los resultados evidencian que la respuesta al uso de bioestimulantes varía entre especies forestales, lo cual coincide con lo reportado en estudios previos sobre bioestimulación vegetal. Rouphael y Colla (2020) señalan que los bioestimulantes pueden mejorar el crecimiento vegetal mediante la regulación de procesos fisiológicos asociados con la absorción de nutrientes, la actividad fotosintética y el equilibrio hormonal. En el presente estudio *G. arborea* presentó los mayores valores de crecimiento en altura y longitud de raíz, lo que podría atribuirse a su mayor tasa metabólica y a su capacidad de responder a compuestos bioactivos presentes en los bioestimulantes. Resultados similares han sido reportados en investigaciones sobre especies forestales tropicales tratadas con fitohormonas, donde se observan

incrementos en el crecimiento inicial de las plántulas (Guamangate Pastuña & Orovio Indio, 2021). No obstante, las diferencias observadas entre especies evidencian que la respuesta a los bioestimulantes depende de factores como la composición del producto, el tipo de fitohormona aplicada y las condiciones ambientales del sistema de producción (Martínez-Gutiérrez et al., 2022). De manera complementaria, Grefa Shiguango (2023) reporta respuestas diferenciadas en especies forestales bajo tratamientos de bioestimulación, observando en *O. pyramidale* incrementos significativos en la longitud de la raíz durante la fase de vivero.

4.2. Eficiencia de los bioestimulantes en el desarrollo inicial de especies forestales

Además, se destaca el rendimiento del bioestimulante V8THOR, que muestra los mayores incrementos en todas las variables de crecimiento. Este bioestimulante contiene una combinación de fitohormonas, aminoácidos y extractos orgánicos, los cuales actúan de manera sinérgica para mejorar el crecimiento y la resistencia de las plantas, lo cual está respaldado por estudios de (Sanchez et al., 2024). Las auxinas y giberelinas presentes en V8THOR promueven la elongación celular y la formación de raíces adventicias, lo que resulta en una mejora significativa del desarrollo de las plántulas.

La relación entre la eficiencia de los bioestimulantes y el desarrollo de las plántulas también se refleja en la coloración de las hojas y el estado fitosanitario. Los resultados de Romero-Félix et al (2023) indican que el tipo de bioestimulante utilizado influye en la expresión de colores en las hojas, lo cual está relacionado con la actividad fotosintética y la producción de pigmentos. En este contexto, el comportamiento observado en el presente estudio es coherente con la idea de que los bioestimulantes mejoran la salud general de las plántulas, promoviendo su coloración y reduciendo el riesgo de enfermedades (Capetillo-Burela et al., 2021).

En el caso del estado fitosanitario de las plántulas, la categoría 0 es la más abundante, indicando la ausencia de individuos fitófagos o enfermedades en todos los tratamientos. Vásquez (2023) en su investigación en *S. parahyba*, obtiene valores similares al no presentar individuos fitófagos o enfermedades visibles. La prevalencia de la categoría 0 en el estado fitosanitario de las plántulas, que indica la ausencia de individuos fitófagos o enfermedades, señala que las condiciones de manejo y los tratamientos aplicados son efectivos en prevenir problemas fitosanitarios. Esto, según (Mariani y Ferrante, 2017), se debe a un adecuado control ambiental, como un manejo adecuado de riego, fertilización y control de factores bióticos y abióticos. Por otra parte, (Cardarelli et al., 2022) indica que las propiedades protectoras de los bioestimulantes utilizados podrían haber fortalecido la resistencia de las plántulas frente a posibles infecciones o ataques de individuos fitófagos.

En este estudio señala la eficacia de los bioestimulantes en el desarrollo inicial de especies forestales, evidenciando mejoras tanto en parámetros morfológicos como en el estado fitosanitario y la rentabilidad económica. Sin embargo, se observa que la respuesta de las especies no es uniforme, lo cual plantea la necesidad de considerar la especificidad biológica y ecológica de cada una al momento de seleccionar el bioestimulante adecuado. Aunque tratamientos como V8THOR destacan por su eficacia, su implementación generalizada debe ser evaluada con cautela, dado que factores externos como las condiciones edafoclimáticas y los costos de insumos pueden alterar su desempeño.

4.3. Relación beneficio/costo en el desarrollo inicial de especies forestales con bioestimulantes

Se realizó un análisis económico de los tratamientos evaluados en la investigación, donde el tratamiento T4 (*O. pyramidale* * CONTROL) resulta ser el más rentable. Este tratamiento presenta los mayores valores en la relación beneficio/costo, con un rendimiento de \$13.68, una relación beneficio/costo de 0.16 y una rentabilidad de 1.60. (Grefa, 2023) en su estudio en *O. pyramidale* empleando Evergreen obtiene valores en relación beneficio/costo de 0.14 y una rentabilidad de 1.42, inferiores a los del estudio. En lo que respecta a la relación beneficio/costo y rentabilidad obtenidos por (Vallejo, 2022), donde se evidenció que para la especie *O. pyramidale*, el T6 (Control) obtuvo los promedios más elevados para estas variables con 1.33 y 0.13, valores similares a los obtenidos en el presente estudio.

La similitud entre los resultados podría deberse a varios factores comunes entre los estudios. (López Ávalos et al., 2025) indican que las condiciones ambientales, como el clima, el tipo de suelo y los métodos de manejo agronómico, son comparables, lo que puede influir en el comportamiento económico de los tratamientos. Por otra parte, López-Fernández et al (2024) señala que el uso de metodologías similares, tanto en el análisis económico como en la evaluación de los tratamientos, puede generar resultados alineados.

Esto lo establecen (Ortiz Enríquez et al., 2022) quienes indican que la ausencia de costos adicionales asociados al uso de bioestimulantes en el tratamiento control, sin la aplicación de productos adicionales, reduce los gastos operativos, lo que eleva el rendimiento económico relativo. Cabe destacar que los tratamientos evaluados obtienen valores por encima de 1, lo que significa que son rentables para su empleo en reforestación o proyectos comerciales. Esta afirmación concuerda con Mancilla Villa et al (2020) quien establece que un valor por encima de 1 en la relación beneficio/costo sugiere que cada dólar invertido produce una ganancia adicional, lo que valida el uso de estos tratamientos en contextos productivos.

Por otro lado, los tratamientos control, especialmente en *O. pyramidale*, muestran que, bajo ciertas condiciones, incluso sin la aplicación de bioestimulantes, se pueden obtener resultados económicamente viables. Los hallazgos confirman que los bioestimulantes representan herramientas prometedoras para optimizar el crecimiento inicial de especies forestales, aunque su eficacia depende de la especie y del equilibrio entre beneficio biológico y costo operativo. La variabilidad observada resalta la necesidad de desarrollar protocolos específicos por especie y condiciones ambientales, evitando generalizaciones en su aplicación.

5. Conclusiones

Los resultados demostraron que la respuesta al uso de bioestimulantes depende de la especie forestal evaluada. *G. arborea* presentó el mayor crecimiento en altura y longitud de raíz, especialmente cuando se aplicó el bioestimulante V8THOR. En contraste, el diámetro del tallo y el número de hojas no mostraron diferencias significativas entre bioestimulantes. El estado fitosanitario de las plántulas fue óptimo en todos los tratamientos, lo que indica condiciones adecuadas de manejo en vivero. Desde el punto de vista económico, todos los tratamientos resultaron rentables, destacándose el

tratamiento control en *O. pyramidale*. Estos resultados sugieren que la aplicación de bioestimulantes puede mejorar el crecimiento inicial de ciertas especies forestales, aunque su eficacia depende de las características fisiológicas de cada especie y de las condiciones de producción.

Contribución de los autores: Conceptualización, KDZ-B.; metodología, KDZ-B.; software, KDZ-B.; validación, KDZ-B.; análisis formal, KDZ-B.; investigación, KDZ-B. MSC P. DIB-M; recursos, KDZ-B. DIB-M. MSC-P. MLZ-J. y DLA-L.; redacción del borrador original, KDZ-B.; redacción, revisión y edición, KDZ-B. MSC-P; visualización, KDZ-B. DIB-M. MLZ-J. y DLA-L.; supervisión, MSC-P. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación no ha recibido financiación externa.

Agradecimientos: A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Facultad de Posgrados y a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), programa de becas.

Declaración de disponibilidad de datos: Los datos están disponibles previa solicitud a los autores de correspondencia: kzambranob@uteq.edu.ec

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias Bibliográficas

- Alfaro-Fernández, A., Taengua, R., Font-San-Ambrosio, I., Sanahuja-Edo, E., Peiró, R., Galipienso, L., & Rubio, L. (2024). Genetic Variation and Evolutionary Analysis of Eggplant Mottled Dwarf Virus Isolates from Spain. *Plants*, *13*(2), 250. <https://doi.org/10.3390/plants13020250>
- Andivia, E., Villar-Salvador, P., Oliet, J. A., Puértolas, J., Dumroese, R. K., Ivetić, V., Molina-Venegas, R., Arellano, E. C., Li, G., & Ovalle, J. F. (2021). Climate and species stress resistance modulate the higher survival of large seedlings in forest restorations worldwide. *Ecological Applications*, *31*(6). <https://doi.org/10.1002/eap.2394>
- Basave-Villalobos, E., Cetina-Alcalá, V. M., Conde-Martínez, V., López-López, M. Á., Trejo, C., & Ramírez-Herrera, C. (2022). Morpho-Physiological Responses of Two Multipurpose Species from the Tropical Dry Forest to Contrasting Light Levels: Implications for Their Nursery and Field Management. *Plants*, *11*(8), 1042. <https://doi.org/10.3390/plants11081042>
- Capetillo-Burela, A., López-Collado, C. J., Zetina-Lezama, R., Reynolds-Chávez, M. A., Matilde-Hernández, C., Cadena-Zapata, M., & López-López, J. A. (2021). Modelo conceptual de fertilización nitrogenada para maíz (*Zea mays* L.) en Veracruz, México. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, *7*(14), 1617–1631. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12606>
- Cardarelli, M., Woo, S. L., Roupheal, Y., & Colla, G. (2022). Seed Treatments with Microorganisms Can Have a Biostimulant Effect by Influencing Germination and Seedling Growth of Crops. *Plants*, *11*(3), 259. <https://doi.org/10.3390/plants11030259>

- Cué García, J. L., Añazco, M. J., & Orlando Paredes, H. (2019). Producción y conservación de semillas forestales: situación actual y perspectivas en Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 365–376.
- 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>
- El Jazouli, M., Sammama, H., Zehhar, N., Hsissou, D., El Kaoua, M., & Alfeddy, M. N. (2024). Effects of Individual and Combined Applications of Seaweed Extracts and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Plant Growth and Physio-Biochemical Properties of Soft Wheat and Faba Bean. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 55(20), 3072–3087. <https://doi.org/10.1080/00103624.2024.2380494>
- Franzoni, G., Cocetta, G., Prinsi, B., Ferrante, A., & Espen, L. (2022). Biostimulants on Crops: Their Impact under Abiotic Stress Conditions. *Horticulturae*, 8(3), 189. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030189>
- Gómez, L. P., Reyes, C. de la C. C., Borrero, L. N., Cid, M. B., Escriba, R. C. R., & Martínez, A. T. P. (2023). Extracto acuoso de moringa como bioestimulante de plantas de piña ‘MD-2’ en fase de aclimatización. *Universidad & Ciencia*, 12(2), 148–162.
- González-Morales, S., Solís-Gaona, S., Valdés-Caballero, M. V., Juárez-Maldonado, A., Loredó-Treviño, A., & Benavides-Mendoza, A. (2021). Transcriptomics of Biostimulation of Plants Under Abiotic Stress. *Frontiers in Genetics*, 12. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.583888>
- Grefa Shiguango, P. M. (2023). *Comparación de la eficiencia de tres bioestimulantes en Ochroma pyramidale (balsa) bajo etapa vivero, parroquia Puerto Francisco de Orellana.*
- Guamangate Pastuña, Y. M., & Orovio Indio, D. P. (2021). “Tres tipos de sustrato en la germinación de las plantas de teca (*Tectona grandis* Linn F.) en el recinto Chipe Hamburgo 2”.
- Lemus-Soriano, B. A., Venegas González, E., & Pérez López, M. A. (2021). Efecto de bioestimulantes radiculares sobre el crecimiento en plantas de aguacate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 1139–1144. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2725>
- Loiskandl, W., & Nolz, R. (2021a). Requirements for Sustainable Irrigated Agriculture. *Agronomy*, 11(2), 306. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020306>
- Loiskandl, W., & Nolz, R. (2021b). Requirements for Sustainable Irrigated Agriculture. *Agronomy*, 11(2), 306. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020306>
- López Ávalos, D. F., Lugo Pereira, W. D., Salinas Bonhomme, O. L., Morel López, E., Osmar Da Silva, M., Mongelos Barrios, C. A., & Sánchez Jara, R. (2025). Efectividad agronómica de fuentes de fertilizantes fosfatadas en el cultivo de maíz (*Zea mays*. L). *Revista Alfa*, 9(26), 465–482. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i26.359>

- López-Fernández, J., Giacomotti, J., & Lombardi, I. (2024). Crecimiento de plántulas de *Pinus tecunumanii* usando fertilizantes foliares y sustratos en un vivero de Oxapampa, Perú. *Revista Forestal Del Perú*, 38(2), 209–227. <https://doi.org/10.21704/rfp.v38i2.2075>
- Ma, Y., Freitas, H., & Dias, M. C. (2022). Strategies and prospects for biostimulants to alleviate abiotic stress in plants. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1024243>
- Mahmoud, L. M., Shalan, A. M., El-Boray, M. S., Vincent, C. I., El-Kady, M. E., Grosser, J. W., & Dutt, M. (2022). Application of silicon nanoparticles enhances oxidative stress tolerance in salt stressed 'Valencia' sweet orange plants. *Scientia Horticulturae*, 295, 110856. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110856>
- Mancilla Villa, O. R., Hernández Vargas, O., Manuel Corteéz, J. C., Chávez Chávez, J. A., Castillo Álvarez, E. A., Guevara Gutiérrez, R. D., Huerta Olague, J. de J., Can Chulim, Á., Ortega Escobar, H. M., & Sánchez Bernal, E. I. (2020). Rentabilidad en maíz (*Zea mays* L.) y Chile (*Capsicum annum* L.) con manejo convencional y alternativo en Autlán, Jalisco. *Idesia (Arica)*, 38(3), 33–42.
- Mariani, L., & Ferrante, A. (2017). Agronomic Management for Enhancing Plant Tolerance to Abiotic Stresses—Drought, Salinity, Hypoxia, and Lodging. *Horticulturae*, 3(4), 52. <https://doi.org/10.3390/horticulturae3040052>
- Martínez-Gutiérrez, A., Zamudio-González, B., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Cardoso-Galvão, J. C., & Vázquez-Carrillo, M. G. (2022). Rendimiento de híbridos de maíz en respuesta a la fertilización foliar con bioestimulantes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(2), 289–301.
- Mieles-Giler, J. W., Guerrero-Calero, J. M., Moran-González, M. R., & Zapata-Velasco, M. L. (2024). Evaluación de la degradación ambiental en hábitats Naturales. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(3), 65–88. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n3/121>
- Ortiz Enríquez, J. E., Peñuelas-Rubio, O., Argente-Martínez, L., Félix Valencia, P., Padilla Valenzuela, I., & Marroquín Morales, J. Á. (2022). aplicación de bioestimulantes incrementa los componentes del rendimiento de frijol Pinto Bill Z en el sur de Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(2), 371–376. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2846>
- Peña Calzada, K. (2024). *Soberanía alimentaria y desarrollo agropecuario y forestal sostenible II*. Samuel Feijóo.
- Povero, G. (2020). Exploring Natural Resources for Biostimulants. In *The Chemical Biology of Plant Biostimulants* (pp. 181–204). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119357254.ch7>
- Raupp, P. P., Ferreira, M. C., Alves, M., Campos-Filho, E. M., Sartorelli, P. A. R., Consolaro, H. N., & Vieira, D. L. M. (2020). Direct seeding reduces the costs of tree planting for forest and savanna restoration. *Ecological Engineering*, 148, 105788. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105788>

- Romero-Félix, C. S., Paso, D. F. P., Salas-Arellanes, J. A., Saucedo-Acosta, R. H., Buelna-Tarín, S., & López-Valenzuela, B. E. (2023). Bioestimulantes en el crecimiento y rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. en el Norte de Sinaloa. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(2).
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Toward a Sustainable Agriculture Through Plant Biostimulants: From Experimental Data to Practical Applications. *Agronomy*, 10(10), 1461. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101461>
- Sanchez Santillan, T., Huamán Vela, M. H., Fernandez Zarate, F. H., & Vásquez García, J. (2024). Comportamiento vegetativo de quina (*Cinchona pubescens* Vahl.) con la aplicación de cuatro bioestimulantes orgánicos en invernadero en Perú. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 25(2). https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num2_art:3493
- Shahrajabian, M. H., Chaski, C., Polyzos, N., & Petropoulos, S. A. (2021). Biostimulants Application: A Low Input Cropping Management Tool for Sustainable Farming of Vegetables. *Biomolecules*, 11(5), 698. <https://doi.org/10.3390/biom11050698>
- Tietel, Z., Yermiyahu, U., & Bar-Tal, A. (2022). Sulfate Fertilization Preserves Tomato Fruit Nutritional Quality. *Agronomy*, 12(5), 1117. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051117>
- Vásquez Rufasto, Y. (2023). *Comportamiento del crecimiento inicial de la especie Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke, utilizando diferentes dosis de superfosfato triple, en Condorcanqui, Amazonas-Perú.*
- Wang, H., Guo, Y., Zhu, J., Yue, K., & Zhou, K. (2021). Characteristics of Mango Leaf Photosynthetic Inhibition by Enhanced UV-B Radiation. *Horticulturae*, 7(12), 557. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7120557>
- Yakhin, O. I., Lubyantsev, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>
- Yuliano, U. A. A., & Vargas Vargas, D. (2023). *Trabajo de investigación: gestión de protocolos “manejo de viveros en parques y aulas ambientales administrados por la secretaría distrital de ambiente”; caso de estudio vivero Soratama-Bogotá.*