



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,  
Volumen 10, Número 1.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v10i1](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1)

## **RESPUESTA VEGETATIVA DE PLÁTANO (*MUSA AAB*) AL ÁCIDO GIBERÉLICO ( $GA_3$ ) EN MACHALA, ECUADOR**

**VEGETATIVE RESPONSE OF BANANA (*MUSA AAB*)  
TO GIBBERELIC ACID ( $GA_3$ ) DOSES IN MACHALA,  
ECUADOR**

**Brad Jeremy Godoy Caiminagua**  
Universidad Técnica de Machala

**Jeremy Steven Maldonado Vásquez**  
Universidad Técnica de Machala

**José Nicasio Quevedo Guerrero**  
Universidad Técnica de Machala

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v10i1.22162](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1.22162)

## Respuesta Vegetativa de Plátano (*Musa AAB*) al Ácido Giberélico (GA<sub>3</sub>) en Machala, Ecuador

**Brad Jeremy Godoy Caiminagua<sup>1</sup>**[bdogoy1@utmachala.edu.ec](mailto:bdogoy1@utmachala.edu.ec)<https://orcid.org/0009-0008-7488-8133>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

**José Nicasio Quevedo Guerrero**[jnquevedo@utmachala.edu.ec](mailto:jnquevedo@utmachala.edu.ec)<https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

**Jeremy Steven Maldonado Vásquez**[jmaldonad12@utmachala.edu.ec](mailto:jmaldonad12@utmachala.edu.ec)<https://orcid.org/0009-0001-0067-131X>

Universidad Técnica de Machala

Ecuador

### RESUMEN

El estudio evaluó el efecto de diferentes concentraciones de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) sobre el crecimiento vegetativo del plátano (*Musa AAB*) en la Granja Santa Inés, Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Se aplicaron cuatro tratamientos: 0 g (testigo), 10 g, 30 g y 50 g de GA<sub>3</sub>, bajo diseño completamente al azar con tres repeticiones. Las variables evaluadas durante doce semanas fueron altura de planta, circunferencia del pseudotallo y emisión foliar. Los datos se analizaron mediante ANOVA de un factor y prueba Kruskal-Wallis, complementadas con prueba Games-Howell ( $\alpha = 0,05$ ). Los resultados indicaron que las concentraciones de GA<sub>3</sub> no produjeron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). No obstante, se observaron ligeras tendencias de incremento en altura y emisión foliar con dosis intermedias y altas. El tratamiento de 10 g registró mayores valores: altura de 112,31 cm y circunferencia de pseudotallo 26,48 cm. Las condiciones fisicoquímicas se mantuvieron óptimas, con pH entre 6,7-8,0 y conductividad eléctrica inferior a 0,30 mS/cm. Se concluye que, bajo las condiciones edafoclimáticas de Machala, el ácido giberélico no generó efecto determinante sobre el crecimiento vegetativo inicial del plátano. Se recomienda ampliar el rango de concentración y tiempo de evaluación para establecer la dosis óptima y explorar interacciones con otras fitohormonas.

**Palabras clave:** *Musa AAB*, ácido giberélico, crecimiento vegetativo, emisión foliar, regulador de crecimiento

---

<sup>1</sup> Autor principal.

Correspondencia: [bdogoy1@utmachala.edu.ec](mailto:bdogoy1@utmachala.edu.ec)

## **Vegetative Response of Banana (*Musa* AAB) to Gibberellic Acid (GA<sub>3</sub>) Doses in Machala, Ecuador**

### **ABSTRACT**

The study evaluated the effect of different concentrations of gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) on the vegetative growth of plantain (*Musa* AAB) at Santa Inés Farm, Technical University of Machala, Ecuador. Four treatments were applied: 0 g (control), 10 g, 30 g, and 50 g of GA<sub>3</sub>, under a completely randomized design with three replications of five plants each. The variables evaluated during twelve weeks were plant height, pseudostem circumference, and leaf emission rate. Data were analyzed using one-factor ANOVA and Kruskal-Wallis nonparametric test, complemented with Games-Howell post hoc test ( $\alpha = 0.05$ ). Results indicated that GA<sub>3</sub> concentrations did not produce statistically significant differences ( $p > 0.05$ ). However, slight trends of increase in plant height and leaf emission were observed with intermediate and high doses. The 10 g treatment recorded the highest values: plant height of 112.31 cm and pseudostem circumference of 26.48 cm. Physicochemical conditions remained optimal, with pH between 6.7-8.0 and electrical conductivity below 0.30 mS/cm. It is concluded that, under Machala's specific edaphoclimatic conditions, gibberellic acid did not exert a determining effect on plantain's initial vegetative growth. It is recommended to expand the concentration range and evaluation period to establish the optimal dose and explore interactions with other plant growth regulators.

**Keywords:** *Musa* AAB, gibberellic acid, vegetative growth, leaf emission, growth regulator

*Artículo recibido: 15 de diciembre 2025  
Aceptado para publicación: 22 de enero 2025*



## INTRODUCCIÓN

El cultivo del plátano (*Musa AAB*) representa un pilar fundamental en la agricultura ecuatoriana, no solo por su contribución económica sustancial, sino también por la generación de empleo y su rol en la seguridad alimentaria. Según informes oficiales, Ecuador dedica una extensa superficie a las musáceas, distribuida en diversas provincias, lo que confiere un peso significativo al valor agregado agropecuario (MAG, 2023). A nivel global, los reportes más recientes de la FAO destacan un desempeño estable en la producción y comercio de musáceas durante 2022-2023, consolidando al país como uno de los principales exportadores internacionales (FAO, 2023a; FAO, 2023b). Este contexto subraya la importancia de investigaciones aplicadas que potencien el rendimiento y competitividad del plátano en mercados cada vez más exigentes.

El crecimiento vegetativo, evaluado a través de indicadores como la altura de planta, el diámetro del pseudotallo y la emisión foliar, sirve como predictor valioso de la vitalidad y potencial productivo en las musáceas, estrechamente ligado al rendimiento final (Yang et al., 2024; Zhang et al., 2023). La optimización de estos rasgos permite un uso más eficiente de recursos y prácticas agronómicas más efectivas, especialmente en entornos tropicales como el de Machala, donde las condiciones climáticas favorecen el desarrollo acelerado del cultivo.

Entre las herramientas tecnológicas emergentes, los reguladores de crecimiento han ganado relevancia creciente. En particular, el ácido giberélico ( $GA_3$ ) se vincula con el alargamiento celular, la expansión foliar y modificaciones morfofisiológicas clave en el desarrollo vegetal (Castro-Camba et al., 2022; Zhang, Zhao, Sun, y Feng, 2022). En el caso de las musáceas, la evidencia reciente sugiere que la aplicación exógena de  $GA_3$  puede modular el crecimiento mediante interacciones con otras fitohormonas como el ABA, el IAA y los brasinoesteroides, mejorando significativamente rasgos vegetativos en fases tempranas (Deb y Sinha, 2024; Wei et al., 2025).

En el sur de Ecuador, sin embargo, persiste una laguna en el conocimiento sobre el empleo de  $GA_3$  en el plátano bajo condiciones de campo reales, a diferencia de lo documentado en nutrición mineral y fertilización (Cedeño-Zambrano et al., 2022). El objetivo de este estudio es evaluar la influencia de la aplicación exógena de  $GA_3$  en el crecimiento vegetativo del plátano (*Musa AAB*) en Machala, Ecuador, con el fin de identificar la estrategia que optimice de manera más efectiva la altura de planta,



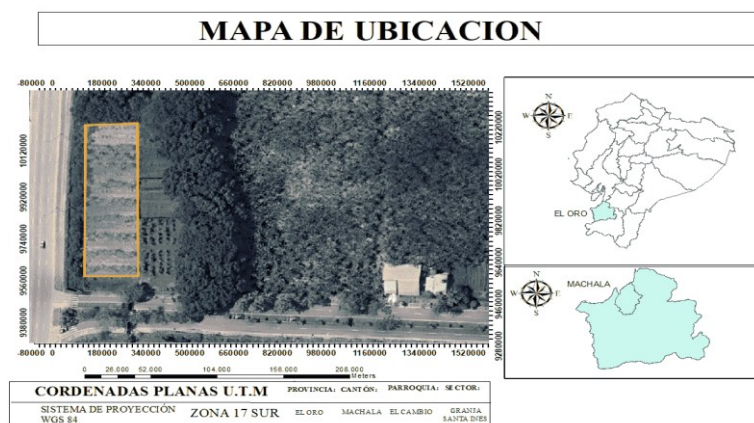
el diámetro del pseudotallo y la emisión de hojas, contribuyendo así a mejorar los rendimientos agrícolas de esta importante especie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar del experimento

El estudio se llevó a cabo en el Área Experimental de banano de la Granja Santa Inés, adscrita a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala. La investigación se desarrolló en la parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador, en las coordenadas geográficas 3°17'22" S y 79°54'38" W (Figura 1), a 12 msnm. El área experimental presenta un clima subtropical húmedo, con una temperatura promedio anual de 25 °C y entre 8 y 10 horas diarias de heliofanía. El ensayo se efectuó entre junio y agosto de 2025.

**Figura 1:** Mapa de ubicación del área de estudio



### Material vegetal

Se emplearon 50 plantas de plátano cultivar Horn Plantain (*Musa AAB*), obtenidas de meristemos. Los tratamientos se estructuraron en cuatro niveles de aplicación de ácido giberélico ( $GA_3$ ), con tres repeticiones de cinco plantas cada una, para un total de 15 plantas por tratamiento y 60 plantas en todo el experimento.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Cada repetición estuvo conformada por cinco plantas, para un total de 15 plantas por tratamiento (Tabla 1).

**Tabla1:** Tratamientos evaluados con ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) en plátano (Musa AAB)

Tratamiento	Dosis de GA <sub>3</sub> (g)	Vía de aplicación	N.º de repeticiones	Plantas por repetición	Total plantas
<b>T1 (Testigo)</b>	0	Foliar + Drench	1	5	5
<b>T2</b>	10	Foliar + Drench	3	5	15
<b>T3</b>	30	Foliar + Drench	3	5	15
<b>T4</b>	50	Foliar + Drench	3	5	15

**Fase de laboratorio: preparación de soluciones**

La preparación de las soluciones de GA<sub>3</sub> (producto comercial NEWGIBB® 10 %) se realizó en el laboratorio de apoyo de la Universidad Técnica de Machala. Para asegurar la exactitud en la dosificación

- Se utilizó una balanza de precisión para el pesaje exacto de las dosis en miligramos.
- El producto se colocó en láminas de aluminio plegadas en forma de caja para contener el gramaje correspondiente.
- Se emplearon pipetas graduadas para manipular los restos de solución y asegurar que no quedaran residuos.
- Cada dosis se disolvió inicialmente en botellas de 500 ml de agua, conformando una solución madre.
- Posteriormente, la solución madre se diluyó en 20 litros de agua, volumen correspondiente a la capacidad de la bomba de mochila empleada en campo.
- Este procedimiento garantizó homogeneidad en las concentraciones y precisión en la preparación de cada tratamiento.

**Fase de campo: aplicación de tratamientos**

Las aplicaciones de GA<sub>3</sub> se realizaron cada 15 días durante 12 semanas, utilizando una mochila de aspersión de 20 litros. La aplicación se efectuó a las 16h00, mediante dos vías: foliar (cobertura directa de las hojas) y drench (aplicación al suelo en la base del pseudotallo).

**Manejo del cultivo**

Durante el ensayo se realizaron labores culturales estándar



- Control de arvenses: mecánico con rozadora a motor, cada mes.
- Deshije: eliminación de hijos de agua mediante una pala pequeña.
- Deshoje: retiro de hojas afectadas por sigatoka negra con podón.
- Riego: por microaspersión, con frecuencia de 2 a 3 veces por semana, 30 minutos cada turno.

### **Variables evaluadas**

- Altura de planta (AP): medida quincenal desde la base hasta la intersección de las dos primeras hojas, con flexómetro (cm).
- Diámetro de pseudotallo (DPT): medida quincenal a 30 cm de la base del pseudotallo, con cinta métrica (cm).
- Emisión foliar (EF): registro semanal del número de hojas nuevas emitidas, considerando la hoja bandera.

### **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos en el presente estudio fueron sometidos a un análisis estadístico riguroso con el propósito de evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos en relación con la altura de planta y el diámetro del pseudotallo. Previamente, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas requeridos por el modelo paramétrico. La normalidad de los residuos se comprobó mediante la prueba de Shapiro–Wilk, mientras que la homogeneidad de varianzas se evaluó empleando las pruebas de Levene, Brown–Forsythe y Welch.

En los casos en que el ANOVA detectó diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ), se procedió a aplicar la prueba de comparación múltiple de Games–Howell ( $\alpha = 0,05$ ), la cual se considera apropiada para situaciones en las que no se cumple estrictamente la homogeneidad de varianzas. Esta prueba permitió identificar con precisión los tratamientos que difirieron entre sí, garantizando una interpretación robusta de los resultados.

Por otra parte, para el análisis de la emisión foliar, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis, debido al desbalance en el número de repeticiones correspondiente al grupo testigo, lo que



imposibilitó aplicar un modelo paramétrico. Todo el procesamiento estadístico se llevó a cabo empleando el software SPSS, complementado con cálculos y procedimientos de organización de datos en Microsoft Excel, asegurando la fiabilidad y trazabilidad de los resultados obtenidos.

### **Consideraciones éticas**

El desarrollo del presente estudio se realizó cumpliendo estrictamente con las normas de bioseguridad agrícola establecidas por las autoridades competentes, garantizando en todo momento el manejo responsable de los insumos y la correcta disposición de los residuos generados durante el proceso experimental. Todas las actividades de campo y de laboratorio fueron ejecutadas por el equipo de investigación previamente capacitado, siguiendo los protocolos institucionales de seguridad y buenas prácticas agrícolas.

El ensayo no involucró la manipulación de seres humanos ni el uso de animales de experimentación, por lo que no fue necesaria la aprobación por un comité de ética en investigación. Sin embargo, se mantuvo el compromiso ético de respeto al medio ambiente y a los recursos naturales utilizados, procurando minimizar los posibles impactos ecológicos derivados de la aplicación de los tratamientos y del manejo de los cultivos.

Asimismo, se promovió el uso racional del agua y de los fertilizantes, evitando la contaminación del suelo y de fuentes hídricas cercanas. Los residuos orgánicos fueron tratados y reincorporados al sistema productivo mediante compostaje controlado. En conjunto, estas acciones aseguraron la sostenibilidad y la integridad ética del estudio, en concordancia con los principios de responsabilidad ambiental y científica que rigen las investigaciones agronómicas.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la Tabla 2 se presentan los valores descriptivos de la altura promedio de las plantas de plátano (*Musa AAB*) en función de las diferentes dosis de ácido giberélico ( $GA_3$ ) aplicadas. El tratamiento  $T_2$  (10 g) registró la mayor altura promedio, alcanzando 112,31 cm, seguido de  $T_3$  (30 g) con 95,99 cm, mientras que el grupo testigo  $T_1$  (0 g) alcanzó 94,63 cm. En contraste, el tratamiento  $T_4$  (50 g) mostró la menor altura, con 87,83 cm. La desviación estándar general ( $\pm 33,60$  cm) indica una variabilidad moderada entre repeticiones, lo que refleja un patrón de crecimiento relativamente homogéneo dentro de cada grupo experimental y la ausencia de datos atípicos marcados.



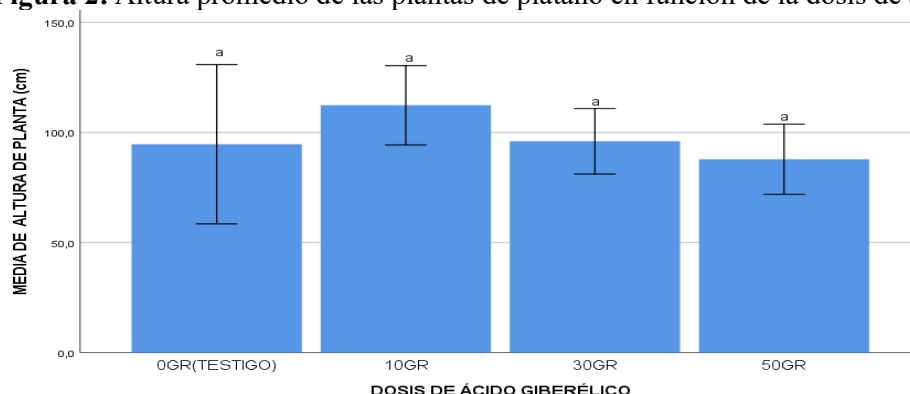


**Tabla 2:** Altura promedio de planta (cm) en función de la dosis de ácido giberélico

Tratamiento	N	Media	Desviación estándar
0GR(TESTIGO)	6	23,65	9,51
10GR	18	26,48	9,26
30GR	18	22,52	8,12
50GR	18	21,36	8,77
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>23,47</b>	<b>8,83</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del experimento (2025).

El análisis de varianza (ANOVA) de un factor determinó que las diferencias en la altura de las plantas entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas ( $F = 1,742$ ;  $p = 0,169$ ). Bajo las condiciones experimentales del estudio, las concentraciones aplicadas de GA<sub>3</sub> no produjeron efectos consistentes sobre esta variable morfológica. Aunque el tratamiento con 10 g (T<sub>2</sub>) mostró un incremento numérico frente al control, dicho aumento no superó el umbral de significancia ( $p \leq 0,05$ ), lo que sugiere una respuesta fisiológica uniforme del cultivo ante el regulador, sin evidencia de un patrón dosis-dependiente. La prueba de homogeneidad de varianzas de Levene ( $p = 0,829$ ) confirmó la dispersión similar entre grupos, validando el supuesto de igualdad de varianzas del ANOVA; de forma complementaria, las pruebas robustas de Welch ( $p = 0,250$ ) y Brown–Forsythe ( $p = 0,184$ ) corroboraron la estabilidad del modelo y la confiabilidad de los resultados, indicando que las diferencias observadas responden a la variación natural entre plantas y no a errores experimentales. Asimismo, el análisis post hoc de Games–Howell arrojó valores de significancia superiores a 0,05 en todas las comparaciones múltiples (testigo vs. 10 g, 10 g vs. 30 g, 30 g vs. 50 g, etc.), lo que evidencia que ninguna dosis se comportó de manera diferencial respecto a las demás y refuerza la conclusión de que el GA<sub>3</sub> no generó efectos significativos sobre la altura de las plantas.

**Figura 2:** Altura promedio de las plantas de plátano en función de la dosis de ácido giberélico

La Figura 2 representa gráficamente este comportamiento, donde las barras de error, correspondientes al intervalo de confianza del 95 %, se superponen ampliamente entre tratamientos y todas las columnas comparten la misma letra (“a”), lo que respalda visualmente la conclusión estadística obtenida en el ANOVA y en la prueba de Games–Howell. En conjunto, los resultados confirman que la aplicación exógena de ácido giberélico ( $GA_3$ ) no produjo incrementos estadísticamente significativos en la altura de las plantas de plátano, aunque se observó una ligera tendencia de mayor crecimiento con la dosis intermedia de 10 g. Este patrón podría explicarse por la dinámica fisiológica de las giberelinas, cuya acción depende de la concentración y del equilibrio con otras fitohormonas como auxinas y brasinoesteroides. En dosis moderadas, el  $GA_3$  puede favorecer la elongación celular y el desarrollo del pseudotallo; sin embargo, concentraciones elevadas pueden generar una respuesta inhibidora por saturación de receptores hormonales o desequilibrios en la síntesis endógena de reguladores del crecimiento.

Estos resultados concuerdan con los reportes de González et al. (2022), quienes observaron respuestas variables al  $GA_3$  en musáceas dependiendo tanto de la dosis aplicada como de las condiciones edafoclimáticas, señalando que concentraciones bajas promueven la expansión celular y el alargamiento del tallo, mientras que dosis excesivas reducen la eficiencia del crecimiento por alteraciones en la relación auxina-giberelina. De igual forma, Molina et al. (2023) documentaron que aplicaciones intensivas de  $GA_3$  en plátano pueden generar efectos antagónicos, afectando la morfología vegetativa y el equilibrio hormonal interno. El presente estudio coincide parcialmente con dichos hallazgos: aunque las dosis evaluadas no produjeron incrementos significativos, se observó una tendencia positiva a dosis intermedias, lo que sugiere la existencia de un umbral fisiológico óptimo por debajo del cual la respuesta es máxima. Factores ambientales como temperatura, humedad relativa, intensidad lumínica y régimen de fertilización pudieron limitar la respuesta hormonal del cultivo bajo las condiciones de Machala. En conjunto, los hallazgos permiten concluir que el ácido giberélico, en las concentraciones estudiadas, no constituye un factor determinante en la elongación del plátano (*Musa AAB*) durante las primeras 12 semanas de crecimiento, aunque las dosis intermedias podrían inducir efectos más notorios bajo un rango de concentración más amplio o una duración experimental prolongada. Se recomienda desarrollar estudios complementarios que integren



variables fisiológicas adicionales como tasa de fotosíntesis, conductancia estomática o acumulación de biomasa foliar para definir con mayor precisión el papel del GA<sub>3</sub> en la fase vegetativa inicial del cultivo.

En la Tabla 3 se presentan los valores promedios del diámetro del pseudotallo (cm) de las plantas de plátano (*Musa AAB*) sometidas a diferentes dosis de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>). El tratamiento T<sub>2</sub> (10 g) mostró el mayor valor promedio (26,48 cm), seguido por el grupo testigo T<sub>1</sub> (23,65 cm). En cambio, los tratamientos con dosis más elevadas, T<sub>3</sub> (30 g) y T<sub>4</sub> (50 g), registraron promedios más bajos, con 22,52 cm y 21,36 cm, respectivamente. La desviación estándar general ( $\pm 8,83$  cm) refleja una variabilidad moderada entre los individuos, lo que sugiere un comportamiento fisiológico relativamente homogéneo dentro del conjunto experimental.

**Tabla 3:** Circunferencia promedio del pseudotallo (cm) en función de la dosis de ácido giberélico.

Tratamiento	N	Media	Desviación estándar
<b>0GR(TESTIGO)</b>	6	94,63	34,45
<b>10GR</b>	18	112,31	36,22
<b>30GR</b>	18	95,99	29,96
<b>50GR</b>	18	87,83	32,01
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>98,30</b>	<b>33,60</b>

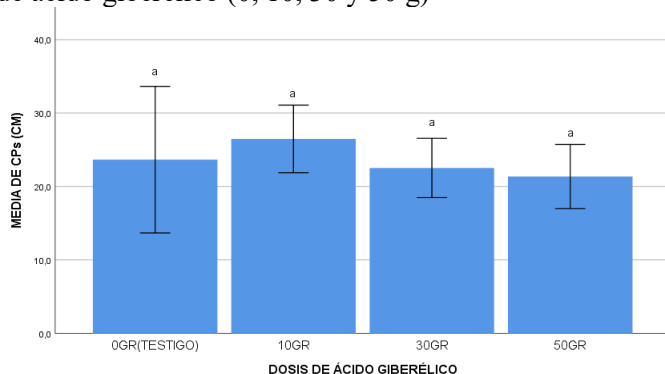
Fuente: Elaboración propia con datos del experimento (2025).

El análisis de varianza (ANOVA) indicó que las diferencias observadas en el diámetro promedio del pseudotallo entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas ( $F = 1,117$ ;  $p = 0,350$ ). Este resultado demuestra que las dosis aplicadas de GA<sub>3</sub> no ejercieron un efecto consistente sobre el grosor del pseudotallo durante el período experimental. Asimismo, la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene ( $p = 0,879$ ) confirmó la igualdad de varianzas entre los grupos, asegurando la validez del modelo estadístico y el cumplimiento de los supuestos requeridos para el ANOVA. Las pruebas robustas de Welch ( $p = 0,417$ ) y Brown–Forsythe ( $p = 0,374$ ) respaldaron estos resultados, indicando que el modelo se mantiene estable y que las diferencias observadas no son atribuibles al azar ni a violaciones de los supuestos estadísticos. De igual manera, el análisis post hoc de Games–Howell mostró valores de significancia superiores a 0,05 en todas las comparaciones múltiples (testigo vs. 10 g, 10 g vs. 30 g, 30 g vs. 50 g, etc.), confirmando la ausencia de diferencias relevantes entre los

tratamientos. Este patrón estadístico consistente refuerza la interpretación de que el GA<sub>3</sub>, en las concentraciones evaluadas, no produjo un efecto diferencial en el diámetro del pseudotallo.

De manera complementaria, la Figura 3 permite visualizar este comportamiento. Las barras de error, correspondientes a los intervalos de confianza del 95 %, se superponen ampliamente entre tratamientos, y todas las columnas comparten la misma letra (“a”), lo que evidencia visualmente la ausencia de diferencias significativas. Aunque el tratamiento con 10 g (T<sub>2</sub>) presenta un valor promedio ligeramente superior, la magnitud de dicha diferencia no alcanza el umbral de significancia ( $p < 0,05$ ), lo que confirma que las variaciones detectadas son de carácter descriptivo y no estadístico.

**Figura 3:** Diámetro promedio del pseudotallo (cm) de plantas de plátano tratadas con distintas dosis de ácido giberélico (0, 10, 30 y 50 g)



La ausencia de diferencias significativas en el diámetro promedio del pseudotallo sugiere que las concentraciones de ácido giberélico utilizadas no tuvieron un efecto determinante sobre el desarrollo estructural del tallo del plátano durante el periodo de evaluación. Aunque se observó una ligera tendencia positiva en el tratamiento con 10 g, esta no fue suficiente para evidenciar una respuesta estadísticamente distinta. Dicho comportamiento podría estar asociado a la fisiología propia de las musáceas, donde la elongación y el engrosamiento del pseudotallo dependen de una compleja interacción entre factores hormonales, edáficos y ambientales.

Según Hernández et al. (2021), la respuesta del pseudotallo al GA<sub>3</sub> está condicionada no solo por la dosis aplicada, sino también por el estado fenológico de la planta, la temperatura ambiental y la disponibilidad de nutrientes. Estos autores destacan que, en las primeras etapas de desarrollo, la presencia de giberelinas endógenas podría limitar la respuesta a aplicaciones externas del regulador. De forma similar, Valverde y Ruiz (2022) reportaron que en cultivares de plátano tipo ‘Barraganete’,

las aplicaciones de GA<sub>3</sub> no modificaron significativamente el grosor del pseudotallo, especialmente durante las fases iniciales del crecimiento vegetativo. Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con dichos hallazgos, al evidenciar que dosis elevadas de GA<sub>3</sub> no mejoran el desarrollo del pseudotallo e incluso podrían inducir un efecto de retroalimentación negativa, reduciendo la síntesis endógena de giberelinas. Este fenómeno ha sido descrito por Molina et al. (2023), quienes señalan que un exceso de GA<sub>3</sub> exógeno puede alterar el equilibrio hormonal entre giberelinas, auxinas y citoquininas, afectando la diferenciación celular y, en consecuencia, el crecimiento radial del pseudotallo.

En este contexto, los resultados obtenidos sugieren que, bajo las condiciones agroclimáticas específicas de Machala, el ácido giberélico no constituyó un factor decisivo para incrementar el diámetro del pseudotallo del plátano. No obstante, la tendencia observada en dosis moderadas indica la posibilidad de una respuesta fisiológica más favorable en un rango de concentración intermedio. Por ello, se recomienda realizar evaluaciones complementarias que consideren diferentes etapas de desarrollo, tiempos de aplicación y combinaciones hormonales, con el fin de identificar un nivel óptimo de concentración que maximice la respuesta fisiológica sin generar desequilibrios hormonales o inhibición del crecimiento estructural. En conjunto, estos resultados contribuyen a una comprensión más precisa de la interacción entre reguladores de crecimiento y desarrollo vegetativo en las musáceas, y aportan evidencia experimental que puede servir como base para optimizar el manejo hormonal del plátano en condiciones de campo.

En la Tabla 4 se presentan los valores promedios de emisión foliar (número de hojas emitidas) de las plantas de plátano (Musa AAB) a las 12 semanas después de la aplicación de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>), bajo distintas concentraciones del regulador. La dosis de 50 g registró el mayor promedio, con 12,43 hojas, seguida por 10 g (11,80 hojas) y 30 g (11,60 hojas). El grupo testigo presentó el valor más bajo (11,30 hojas). Aunque se observa una ligera tendencia ascendente en el número de hojas con el incremento de la dosis, las diferencias numéricas no alcanzaron significancia estadística, lo que sugiere una respuesta fisiológica uniforme entre tratamientos.



**Tabla 4:** Emisión foliar promedio de plantas de plátano a la semana 12 bajo diferentes dosis de ácido giberélico

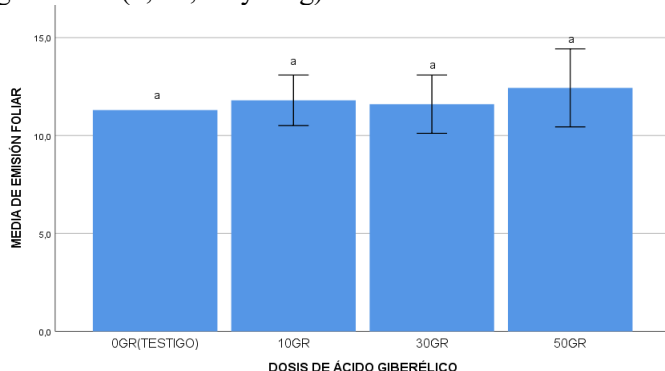
Tratamiento	N	Media
Testigo (0 g)	1	11.30
10 g	3	11.80
30 g	3	11.60
50 g	3	12.43
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>11.88</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del experimento (2025).

El análisis de varianza (ANOVA) no fue considerado apropiado debido al número desigual de repeticiones entre tratamientos, ya que el grupo testigo contó únicamente con una observación. Por esta razón, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis, más adecuada para muestras pequeñas y diseños desbalanceados. Los resultados ( $H = 1,185$ ;  $p = 0,249$ ) indicaron que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, por lo que se mantiene la hipótesis nula y se concluye que las dosis de  $GA_3$  no afectaron significativamente la emisión foliar del cultivo durante el periodo evaluado.

De manera complementaria, la Figura 4 muestra el comportamiento promedio de la emisión foliar con sus respectivas desviaciones estándar. Se aprecia una leve tendencia de aumento en el número de hojas conforme se incrementa la concentración de  $GA_3$ , aunque las barras de error se superponen y todas las columnas comparten la misma letra (“a”), lo que confirma visualmente la ausencia de diferencias significativas entre tratamientos.

**Figura 4:** Emisión foliar promedio de plantas de plátano tratadas con distintas dosis de ácido giberélico (0, 10, 30 y 50 g)



Estos resultados evidencian que el ácido giberélico, en las concentraciones aplicadas, no generó un efecto estadísticamente significativo sobre la tasa de emisión foliar de las plantas de plátano. Si bien

se observó un incremento leve con la dosis de 50 g, este no fue suficiente para establecer un patrón de respuesta dosis-dependiente. Dicho comportamiento sugiere que la producción de hojas en las musáceas podría estar determinada principalmente por factores endógenos y ambientales, más que por la acción directa del regulador. En términos fisiológicos, la emisión foliar en el plátano depende en gran medida de la actividad meristemática y de la acumulación de carbohidratos en el pseudotallo, procesos que no siempre responden de forma inmediata a la aplicación de giberelinas exógenas. De acuerdo con Hernández, Chamba y Flores (2021), las plantas de plátano poseen una alta síntesis endógena de giberelinas durante la fase vegetativa, lo que limita el impacto de aplicaciones externas sobre el ritmo de emisión de hojas. Los autores observaron que, en ensayos similares, el GA<sub>3</sub> no modificó significativamente la frecuencia de aparición foliar, atribuyendo este comportamiento al equilibrio hormonal interno que regula el crecimiento vegetativo.

Asimismo, Valverde y Ruiz (2022) reportaron que, bajo condiciones de campo en cultivares de plátano ‘Barraganete’, las aplicaciones de GA<sub>3</sub> no alteraron la tasa de emisión foliar, aunque sí provocaron un ligero incremento en la longitud de las hojas. Este hallazgo sugiere que la respuesta del cultivo a las giberelinas se manifiesta con mayor claridad en parámetros morfológicos, como la elongación celular y la expansión foliar, que en la frecuencia de emisión de nuevas hojas. La homogeneidad observada en la respuesta también podría deberse a limitaciones experimentales, particularmente al reducido número de repeticiones en el grupo testigo, lo que disminuye la potencia estadística y la capacidad para detectar diferencias sutiles. Aun así, los resultados obtenidos coinciden con los reportes previos y confirman que, en condiciones de campo, las concentraciones de GA<sub>3</sub> evaluadas no ejercen un efecto significativo sobre la dinámica de emisión foliar en plátano.

Bajo las condiciones agroclimáticas del presente estudio, caracterizadas por temperaturas estables y alta humedad relativa, la acción del GA<sub>3</sub> sobre el ritmo de emisión foliar parece limitada. No obstante, la ligera tendencia de incremento observada con dosis elevadas indica que podrían existir efectos acumulativos o interacciones con otras fitohormonas que no se manifiestan en periodos cortos. Por ello, se recomienda realizar investigaciones complementarias que incluyan un mayor número de repeticiones, evaluaciones temporales más prolongadas y la combinación de GA<sub>3</sub> con otros





reguladores del crecimiento, para determinar con mayor precisión su papel en la fisiología foliar de las musáceas.

En la Tabla 5 se presentan los valores de pH y conductividad eléctrica (CE) del agua de riego y del extracto en KCl obtenidos al finalizar el experimento con plantas de plátano (*Musa AAB*) tratadas con diferentes dosis de ácido giberélico ( $GA_3$ ). El pH del agua osciló entre 6.7 y 8.0, mientras que el pH del extracto en KCl varió entre 5.9 y 6.8, lo que refleja un rango de acidez moderada a neutra. La conductividad eléctrica se mantuvo en valores bajos, entre 0.19 y 0.30 mS/cm, indicando condiciones de baja salinidad y una calidad de agua adecuada para el desarrollo del cultivo. Estas variaciones mínimas evidencian una homogeneidad fisicoquímica entre tratamientos, garantizando que las diferencias observadas en las variables vegetativas no estuvieran influenciadas por alteraciones del agua o del sustrato.

**Tabla 5:** Valores de pH y conductividad eléctrica (CE) del agua y del extracto en KCl obtenidos al finalizar el experimento en plantas de plátano (*Musa AAB*) tratadas con ácido giberélico ( $GA_3$ ).

Tratamiento	pH (agua)	pH (KCl)	CE (mS/cm)
Tr1	6.7	5.9	0.19
Tr2	7.6	6.6	0.30
Tr3	8.0	6.8	0.30
Testigo	8.0	6.7	0.28

Fuente: Elaboración propia (2025).

Los valores registrados se mantuvieron dentro de los rangos considerados óptimos para el desarrollo fisiológico del plátano. Un pH de 6.7–8.0 corresponde a condiciones neutras a ligeramente alcalinas, adecuadas para la disponibilidad de nutrientes esenciales como potasio, magnesio y calcio, los cuales intervienen directamente en la expansión celular y el equilibrio osmótico. De forma similar, el pH en KCl (5.9–6.8) refleja una acidez moderada del extracto del suelo, compatible con los niveles ideales para una absorción radicular eficiente y sin riesgo de toxicidad por elementos metálicos. Además de su relevancia agronómica, el pH del medio puede afectar la estabilidad del ácido giberélico ( $GA_3$ ). De acuerdo con Zhang (2021), la vida media del  $GA_3$  disminuye de forma significativa en medios alcalinos, observándose una mayor degradación a pH 8.0. No obstante, los valores obtenidos en este estudio se mantuvieron dentro del rango de estabilidad reportado para la molécula, por lo que es poco

probable que el pH haya reducido su efectividad. En consecuencia, se considera que la actividad hormonal del GA<sub>3</sub> se conservó estable durante el periodo experimental.

La conductividad eléctrica (CE) complementa este análisis, ya que sus valores, inferiores a 0.30 mS/cm, indican baja concentración de sales solubles y ausencia de estrés osmótico en el sistema radicular. Estas condiciones garantizan un entorno propicio para la absorción de agua y nutrientes, lo que favorece la expresión fisiológica del cultivo. En experimentos previos, Ghani et al. (2021) demostraron que el GA<sub>3</sub> puede estimular el crecimiento vegetal y mejorar el desempeño fisiológico incluso bajo condiciones de estrés abiótico; sin embargo, en el presente estudio, las condiciones fisicoquímicas fueron estables y no limitantes, lo que permite atribuir los efectos observados principalmente a las dosis aplicadas del regulador de crecimiento. En síntesis, los resultados de pH y CE reflejan un ambiente controlado y favorable para el desarrollo vegetativo del plátano, sin restricciones por salinidad o desequilibrios químicos. La estabilidad de las condiciones ambientales y de la solución nutritiva asegura que las variaciones detectadas en las variables morfológicas, como altura, diámetro del pseudotallo y emisión foliar, se deban fundamentalmente a la acción del GA<sub>3</sub> y no a factores externos del sistema de riego o del suelo. De esta forma, se confirma la validez experimental del estudio y la confiabilidad de los resultados obtenidos bajo las condiciones de Machala.

**Tabla 6:** Estadísticos descriptivos de la resistencia del suelo (PSI) en plantas de plátano (*Musa AAB*) tratadas con ácido giberélico (GA<sub>3</sub>).

Tratamiento	Media (psi)	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	IC 95 % Lím. inf. –sup.
TR1	190	67,9	100	300	141,4 – 238,6
TR2	284,4	25,6	250	320	264,8 – 304,1
TR3	250	39,9	200	300	224,6 – 275,3
Testigo	250	45,6	200	300	177,4 – 322,6

Fuente: Elaboración propia (2025).

Los valores promedio de resistencia del suelo (PSI) evidenciaron variaciones moderadas entre tratamientos, oscilando entre 190 psi en TR1 y 284 psi en TR2. El tratamiento TR2 presentó la mayor resistencia, lo que sugiere una compactación ligeramente superior del suelo, mientras que TR1 registró la menor, asociada a una estructura más suelta y con mayor porosidad. La desviación estándar

más alta observada en TR1 (67,9 psi) indica una mayor heterogeneidad en la textura y densidad del suelo en ese tratamiento, posiblemente influenciada por condiciones microestructurales del sustrato o por diferencias en el manejo de la aplicación del regulador de crecimiento.

El análisis de varianza mediante el modelo lineal general (GLM) mostró un efecto significativo del tratamiento ( $p = 0,038$ ) sobre la resistencia del suelo, lo que confirma diferencias reales entre los grupos evaluados. Sin embargo, los factores tipo de punta ( $p = 0,442$ ) y profundidad de muestreo ( $p = 0,107$ ) no presentaron efectos estadísticamente significativos, lo que refleja una homogeneidad estructural vertical y la consistencia de las mediciones a distintas profundidades. Además, no se detectaron interacciones significativas entre los factores (Tratamiento  $\times$  Tipo de punta  $\times$  Profundidad,  $p > 0,05$ ), lo que indica que las diferencias observadas se deben principalmente al efecto del tratamiento y no a la combinación de los otros factores experimentales.

**Tabla 7:** Análisis de varianza (GLM) para la resistencia del suelo (PSI).

Fuente de variación	gl	F	p (Sig.)
Tratamiento	3	3,436	0,038
Tipo de punta	1	0,617	0,442
Profundidad	4	2,202	0,107
Tratamiento $\times$ Tipo de punta	2	2,614	0,099
Tratamiento $\times$ Profundidad	4	2,231	0,104

$R^2$  ajustado = 0,663

Fuente: Elaboración propia (2025).

Las pruebas post hoc de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) permitieron determinar con mayor precisión las diferencias entre los tratamientos evaluados. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento TR1 y el Testigo ( $p = 0,034$ ), así como entre TR1 y TR2 ( $p = 0,000$ ), mientras que TR2 y TR3 no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). Estos hallazgos indican que el tratamiento TR1 presentó los valores promedio de resistencia más bajos (190 psi), reflejando un suelo con menor grado de compactación y, por tanto, con una estructura más suelta y mayor porosidad. En contraste, el tratamiento TR2 alcanzó los valores más altos (284 psi), evidenciando una compactación moderada del suelo, considerada dentro del rango agronómicamente aceptable para el desarrollo del cultivo.

El análisis de varianza (GLM univariante) mostró un efecto significativo del tratamiento ( $p = 0,038$ ) sobre la resistencia del suelo, mientras que los factores tipo de punta ( $p = 0,442$ ) y profundidad ( $p =$

0,107) no presentaron diferencias significativas. La ausencia de interacciones entre los factores confirma la homogeneidad estructural del suelo a lo largo del perfil de 0–30 cm. De este modo, los resultados reflejan que las variaciones observadas responden principalmente al efecto del tratamiento y no a diferencias metodológicas de medición. Los valores de resistencia obtenidos, comprendidos entre 190 y 284 psi, se clasifican dentro de una compactación media, la cual se considera favorable para la aireación, la infiltración de agua y el crecimiento radicular del plátano (*Musa AAB*). De acuerdo con la FAO (2022), resistencias inferiores a 350 psi no limitan la penetración radicular ni el intercambio gaseoso, manteniendo un equilibrio adecuado entre densidad aparente y porosidad. Por tanto, los valores encontrados en los tratamientos TR2 y TR3 representan condiciones óptimas para la estabilidad del sistema radicular, mientras que el menor valor registrado en TR1 sugiere un suelo más poroso con menor cohesión estructural.

En conjunto, los resultados permiten concluir que el ácido giberélico ( $GA_3$ ) no modificó la estructura física del suelo, ya que las variaciones registradas se mantienen dentro de rangos naturales de compactación. Las diferencias observadas en las variables vegetativas del cultivo se atribuyen, por tanto, a efectos fisiológicos del regulador de crecimiento y no a cambios en las propiedades edáficas. Las condiciones físicas del suelo durante el experimento fueron homogéneas y adecuadas para el desarrollo del plátano, garantizando un ambiente radicular favorable que permitió expresar de manera óptima la respuesta al tratamiento hormonal.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones edafoclimáticas de Machala, Ecuador, la aplicación de ácido giberélico ( $GA_3$ ) en las concentraciones evaluadas (0, 10, 30 y 50 g) no produjo efectos estadísticamente significativos en el crecimiento vegetativo temprano del plátano (*Musa AAB*). Las tres variables morfológicas analizadas —altura de planta, circunferencia del pseudotallo y emisión foliar— no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p>0,05$ ), indicando claramente que el  $GA_3$  no constituye un factor determinante en la fase vegetativa inicial del cultivo. No obstante, las ligeras tendencias de incremento observadas en dosis intermedias, particularmente con 10 g, sugieren la posible existencia de un umbral fisiológico óptimo que podría manifestarse bajo condiciones experimentales diferentes o con rangos mucho más amplios de concentración. Las condiciones



edáficas, hídricas y fisicoquímicas se mantuvieron óptimas durante el estudio, validando que las respuestas observadas se debieron específicamente a la acción del GA<sub>3</sub> y no a limitaciones ambientales. Se recomienda desarrollar futuras investigaciones que exploren concentraciones superiores a 50 g, diferentes momentos de aplicación, estados fenológicos del cultivo, y la combinación de GA<sub>3</sub> con otros reguladores de crecimiento para identificar estrategias que potencien el desarrollo vegetativo del plátano. Asimismo, se sugiere integrar mediciones de variables fisiológicas como fotosíntesis, transpiración y acumulación de biomasa.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

Aeberli, A., Phinn, S., Johansen, K., Robson, A. y Lamb, D.W. (2023). Caracterización del crecimiento de plantas de banano mediante imágenes multiespectrales de vehículos aéreos no tripulados (UAV) de alta resolución espaciotemporal. *Teledetección*, 15 (3), 679.

<https://doi.org/10.3390/rs15030679>

Baylon, Jessi y Méndez, Ana y Medina, Segundo y Leon, Jose y Soto, Juan y Rivero, Armando y De La Cruz Castillo, Anthony y Zapata, Luigi. (2025). Influencia de ácido giberélico y tiempo de remojo sobre la germinación de semillas de *Coffea arabica* L. var. catimor “café”. *Manglar*. 22. 339-346. 10.57188/manglar.2025.034.

Castro-Camba, R., Sánchez, C., Vidal, N., y Vielba, J. M. (2022). Plant development and crop yield: The role of gibberellins. *Plants*, 11(19), 2650.

<https://doi.org/10.3390/plants11192650>

Cedeño-Zambrano, J. R., García-Párraga, J. V., Solórzano-Cobeña, C. M., Jiménez-Flores, L. A., Ulloa-Cortazar, S. M., Cede-Mejía, F. X., Avellán-Vásquez, L. E., Bracho-Bravo, B. Y., y Sánchez-Urdaneta, A. B. (2022). Fertilization with magnesium in ‘Barraganete’ plantain (*Musa AAB*), Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 35(1), 8–19.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9044565>

Deb, P., y Sinha, D. (2024). Effect of plant growth regulators on the early growth of tissue-cultured banana plants (cv. Grand Naine). *Environment Conservation Journal*, 25(2), 409–419.

<https://doi.org/10.36953/ECJ.25972743>



- FAO. (2022). Guía técnica sobre manejo de compactación del suelo en cultivos tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).  
<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i6473s>
- FAO. (2023a). Banana market review – Preliminary results 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc3421en>
- FAO. (2023b). Banana market review and banana statistics 2022–2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations.  
<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc9120en>
- Ghani, M.A., Abbas, M.M., Ali, B., Aziz, R., Qadri, R.W.K., Noor, A., Azam, M., Bahzad, S., Saleem, M.H., Abualreesh, M.H., y Ali, S. (2021). Alleviating Role of Gibberellic Acid in Enhancing Plant Growth and Stimulating Phenolic Compounds in Carrot (*Daucus carota* L.) under Lead Stress. *Sustainability*, 13(21), 12329.  
<https://doi.org/10.3390/su132112329>
- González, M., Paredes, C., y Álvarez, J. (2022). Efecto de biorreguladores del crecimiento en la reproducción de plántulas de banano (*Musa AAA*) en cámara térmica, Ecuador. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 45(3), 31–40.  
<https://doi.org/10.22209/rt.v45n3a03>
- Hernández, A., Chamba, V., y Flores, P. (2021). Efecto del ácido giberélico en el crecimiento del pseudotallo de musáceas. *Revista Científica Agroindustrial*, 4(1), 42–50.  
<https://doi.org/10.56824/rca.2021.04105>
- Luzardo, Juan y Aguila, Edwin. (2022). Biorreguladores del Crecimiento en la Reproducción de Plántulas de Banano (*Musa AAA*) en Cámara Térmica, Ecuador. *Revista Tecnica De La Facultad De Ingeniería Universidad Del Zulia*. 45. 164-171. 10.22209/rt. v45n3a03.
- MAG. (2023). Boletín situacional de plátano 2023. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.  
[https://sipa.agricultura.gob.ec/?utm\\_source](https://sipa.agricultura.gob.ec/?utm_source)

Molina, R., Loor, D., y Chicaiza, J. (2023). Evaluación del ácido giberélico en el desarrollo vegetativo de musáceas bajo condiciones tropicales. *Manglar: Revista de Ciencias Agropecuarias y Ambientales*, 4(2), 78–86.

<https://doi.org/10.57188/manglar.2025.034>

Valverde, R., y Ruiz, J. (2022). Evaluación de reguladores de crecimiento en plátano Barraganete (Musa AAB) bajo condiciones de campo en Ecuador. *Revista Ciencia y Agricultura*, 19(2), 98–108.

<https://doi.org/10.47821/rca.2022.19207>

Wei, J., Liu, G., Sun, M., Wang, H., Yang, P., Cheng, S., Huang, L., Wei, S., y Liu, D. (2025). Comprehensive analysis of morphology, transcriptomics, and metabolomics of banana (*Musa* spp.) molecular mechanisms related to plant height. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1509193.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1509193>

Yang, Z., Jiang, X., Wang, Y., Sun, L., y Li, W. (2024). A method for measuring banana pseudo-stem phenotypic parameters using terrestrial laser scanning. *Plants*, 13(3), 456

<https://doi.org/10.3390/plants13030456>

Zhang, L. (2021). Insights into pH-dependent transformation of gibberellic acid in aqueous solution: transformation pathway mechanism and toxicity estimation. *Journal of Environmental Sciences*, 104, 1–10. Elsevier.

Zhang, X., Zhao, B., Sun, Y., y Feng, Y. (2022). Effects of gibberellins on important agronomic traits of horticultural plants. *Frontiers in Plant Science*, 13, 978223.

| <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.978223>

