

HORMONAS VEGETALES COMO ALIADAS: MEJORA DEL RENDIMIENTO DEL PLÁTANO BARRAGANETE (*Musa paradisiaca*) EN LA REGIÓN AMAZÓNICA

PLANT HORMONES AS ALLIES: YIELD IMPROVEMENT OF BARRAGANETE BANANA (*Musa paradisiaca*) IN THE AMAZON REGION

Rodrigo Salazar¹, Maritza Chaglla², Jermis Alvarado³, Keylly Chávez⁴

{rodrigo.salazar@esPOCH.edu.ec¹, maritza.chaglla@esPOCH.edu.ec², jermisalvarado25@gmail.com³, keylly.chavez@esPOCH.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 15/06/2025 / Fecha de aceptación: 30/06/2025 / Fecha de publicación: 01/07/2025

RESUMEN: El plátano barraganete (*Musa paradisiaca*) constituye un cultivo estratégico en la región amazónica del Ecuador, especialmente por su aporte a la seguridad alimentaria y a la economía rural. Sin embargo, su productividad puede verse reducida por factores bióticos y abióticos. En este sentido, la aplicación de fitohormonas representa una opción prometedora para incrementar la productividad agrícola. Este trabajo investigó el impacto de tres reguladores de crecimiento vegetal de uso comercial —Cytokin (a base de citoquininas), una combinación de Auxinas + Giberelinas y un Extracto de algas— en el desarrollo del plátano barraganete, bajo condiciones de campo en el cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, conformado por cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. Durante 84 días se monitorearon diversas variables morfológicas y de rendimiento, tales como el peso del racimo, la longitud de la bellota y del raquis, el número de manos y dedos por racimo, así como la longitud de los dedos. Los resultados revelaron que el tratamiento con auxinas + giberelinas promovió el mayor peso promedio de racimo (35,66 kg) y un mayor número de manos y dedos, mientras que las citoquininas sobresalieron en longitud de estructuras florales. A nivel económico, el análisis de costo-beneficio indicó que los tratamientos con extracto de algas y citoquininas fueron los más rentables. Estos hallazgos aportan evidencia técnica para orientar a los pequeños productores en el uso eficiente de fitohormonas, con miras a mejorar la sostenibilidad y productividad del cultivo en zonas amazónicas.

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) Sede Orellana, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-6194-1638>; +593999444777

²Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) Sede Orellana, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-5331-4615>; +59399 977 3337

³Independiente, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0002-2487-1727>, +59399 042 4610

⁴Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) Sede Orellana, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-0780-6704>; +593998603125

Palabras clave: *Fitohormonas, plátano barraganete, citoquininas, giberelinas, extracto de algas*

ABSTRACT: The barraganete plantain (*Musa paradisiaca*) is a strategic crop in the Amazon region of Ecuador, especially for its contribution to food security and the rural economy. However, its productivity can be reduced by biotic and abiotic factors. In this sense, the application of phytohormones represents a promising option to increase agricultural productivity. This study investigated the impact of three commercial plant growth regulators - Cytokinin (cytokinin-based), a combination of Auxins + Gibberellins and an algae extract - on the development of barraganete plantain under field conditions in the Shushufindi canton, Sucumbíos province. A completely randomized block experimental design was used, consisting of four treatments with four replicates each. Several morphological and yield variables were monitored for 84 days, such as bunch weight, acorn and rachis length, number of hands and fingers per bunch, as well as finger length. The results revealed that auxins + gibberellins treatment promoted the highest average bunch weight (35.66 kg) and a higher number of hands and fingers, while cytokinins excelled in flower structure length. At the economic level, cost-benefit analysis indicated that algae extract and cytokinin treatments were the most cost-effective. These findings provide technical evidence to guide small producers in the efficient use of phytohormones, with a view to improving crop sustainability and productivity in Amazonian areas.

Keywords: *Phytohormones, plantain barraganete, cytokinins, gibberellins, algae extract*

INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa paradisiaca*), originario del sudeste asiático, se destaca como uno de los cultivos tropicales más importantes a nivel mundial, tanto por su aporte nutricional como por su uso versátil en la alimentación y su peso económico. A nivel global, África lidera la producción con el 72,7 %, seguida por América con el 22,9 % y Asia con el 4,3 % (1). En el contexto latinoamericano, Ecuador figura entre los mayores exportadores, junto con Costa Rica y Filipinas. Durante el periodo de enero a noviembre de 2022, el país exportó un total de 234,42 millones de cajas de banano, de las cuales el 26,67 % tuvo como destino la Unión Europea (2).

Este cultivo no solo representa una actividad agrícola tradicional en el país, sino también un motor económico fundamental. En 2022, generó aproximadamente 97,3 millones de dólares en divisas, con una producción que abarca unas 141.441 hectáreas y un volumen de 604.134 toneladas (1). La estructura productiva del banano en Ecuador se apoya mayoritariamente en pequeños y medianos productores, quienes representan el 95,5 % del total del sector. Este esquema productivo, sustentado en los principios de la Economía Popular y Solidaria (EPS), ha transformado al cultivo del banano en un pilar fundamental para la generación de empleo en las zonas rurales del país (2). Entre las provincias con mayor participación en la producción se encuentran El Oro (41 %), Guayas (34 %) y Los Ríos (16 %), destacándose El Oro por albergar la mayor proporción de pequeños productores (3).

Frente al desafío de mantener la productividad y competitividad del cultivo en un contexto agrícola cada vez más exigente, el uso de tecnologías emergentes como la biotecnología ha cobrado relevancia. Entre estas, destaca la aplicación de fitohormonas, compuestos naturales o sintéticos que regulan procesos fisiológicos de las plantas como el crecimiento, la floración, el desarrollo de raíces y frutos, y la respuesta al estrés ambiental. Hormonas como las auxinas, giberelinas, citoquininas y el ácido abscísico han mostrado efectos positivos sobre el desarrollo del plátano verde, permitiendo incrementar la calidad y cantidad de la cosecha (4).

No obstante, la mayoría de los estudios se han centrado en condiciones experimentales generales, sin considerar de forma específica la variedad barraganete ni las condiciones agroecológicas del oriente ecuatoriano. En este contexto, es necesario investigar cómo incide la aplicación de fitohormonas comerciales como Cytokin, auxinas + giberelinas y extracto de algas en el rendimiento del plátano barraganete cultivado en el cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos.

El desarrollo productivo del plátano barraganete puede verse afectado por factores como enfermedades, plagas y condiciones climáticas adversas. Esto impacta directamente en la economía de los pequeños productores, quienes requieren alternativas sostenibles y eficaces para mejorar sus cultivos (5).

El uso adecuado de fitohormonas representa una oportunidad para potenciar el rendimiento agrícola mediante la regulación del crecimiento y la mejora en la calidad de los frutos. Sin embargo, es necesario validar su efectividad bajo condiciones locales específicas, con el fin de ofrecer recomendaciones técnicas viables para los agricultores de la región.

La aplicación de fitohormonas ha demostrado efectos positivos en distintos cultivos, pero su uso en el plátano barraganete bajo condiciones del oriente ecuatoriano aún no ha sido suficientemente evaluado. En un contexto donde la rentabilidad y sostenibilidad agrícola son fundamentales, este estudio busca aportar conocimientos sobre el impacto de dichas sustancias en la productividad del cultivo. Además, los resultados podrán orientar a los pequeños y medianos productores hacia prácticas más eficientes, con base en el análisis económico del costo-beneficio de su aplicación, contribuyendo al fortalecimiento de la agricultura familiar en la región amazónica.

El interés productivo, la investigación sobre fitohormonas en el cultivo de plátano barraganete cobra relevancia desde una perspectiva agroecológica, ya que permite reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos y prácticas intensivas que afectan negativamente al suelo y al ambiente. La aplicación de reguladores de crecimiento vegetal, en dosis controladas, contribuye a optimizar el uso de recursos hídricos y nutricionales, favoreciendo un desarrollo más eficiente del cultivo (6). Este tipo de estudios promueve la adopción de tecnologías sostenibles en sistemas de producción familiar, mejorando la resiliencia de los pequeños productores frente a condiciones climáticas adversas y a las fluctuaciones del mercado agrícola (4).

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación de carácter experimental se llevó a cabo en la parroquia Siete de Julio, ubicada en el cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos, Ecuador. El ensayo se desarrolló en una finca localizada a 284 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas 0°12'51.4" S y 76°47'46.0" W. El área pertenece a la región amazónica ecuatoriana, la cual se distingue por un clima cálido y húmedo, con temperaturas promedio entre 24 y 26 °C, una precipitación anual que oscila entre los 3.000 y 4.000 mm, y una humedad relativa del 81 % (7). Desde una perspectiva ecológica, es una zona de alta diversidad biológica, con especies nativas de flora y fauna, y cercanía a espacios protegidos como el Parque Nacional Yasuní y la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno. En cuanto a las características edáficas, los suelos presentan texturas variables predominando las arcillosas, limosas y arenosas, con buen contenido de materia orgánica, drenaje moderado y ciertas áreas afectadas por procesos de erosión (8).

Para la ejecución del experimento, se emplearon fitohormonas comerciales en formulación líquida: Cytokin (citoquininas), Auxinas + Giberelinas y Extracto de algas. Se utilizaron herramientas de aplicación (pulverizadores), instrumentos de medición (cintas métricas), protección personal (guantes, gafas) y equipo de cosecha. Las unidades experimentales estuvieron conformadas por 400 plantas distribuidas en cuatro bloques, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, conforme al diseño de bloques completamente al azar propuesto por Fisher (1935), el cual permite reducir la variabilidad experimental y mejorar la precisión de los resultados (9).

El diseño contempló los siguientes tratamientos: T1 (Extracto de algas), T2 (Citoquininas), T3 (Auxinas + Giberelinas) y T4 (Testigo) detallado en la tabla 1. Cada tratamiento contó con 25 plantas por repetición, y se evaluaron un total de 256 unidades observacionales distribuidas aleatoriamente. El área total del ensayo fue de 6.400 m², y la organización de los tratamientos permitió controlar factores de variación asociados al ambiente (9).

Tabla 1. Diseño de los tratamientos.

	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4
Bloque 1	T1 T1C1B1	T2 T2C2B1	T4 T4C3B1	T3 T3C4B1
Bloque 2	T1 T1C1B2	T3 T3C2B2	T4 T4C3B2	T2 T2C4B2
Bloque 3	T2 T2C1B3	T4 T4C2B3	T1 T1C3B3	T3 T3C4B3
Bloque 4	T3 T3C1B4	T2 T2C2B4	T4 T4C3B4	T1 T1C4B4

HORMONAS VEGETALES COMO ALIADAS: MEJORA DEL RENDIMIENTO DEL PLÁTANO BARRAGANETE (MUSA PARADISIACA) EN LA REGIÓN AMAZÓNICA

Total 400 plantas	100	100	100	100
----------------------	-----	-----	-----	-----

Las labores de campo incluyeron la preparación del terreno mediante limpieza y arado, tutorado de las plantas, control manual de malezas, y control fitosanitario en función de la incidencia de plagas y enfermedades. Las aplicaciones de fitohormonas se realizaron con base en la frecuencia establecida para cada tratamiento, respetando la dosis comercial recomendada por el fabricante.

Las variables evaluadas fueron: peso del racimo (kg), longitud de la bellota (cm), longitud del raquis (cm), número de manos del racimo, número de dedos del racimo y longitud de los dedos (cm). Las mediciones se llevaron a cabo con cinta métrica para la longitud de bellota, raquis y dedos, y mediante conteo directo para el número de manos y dedos comerciales por racimo. El peso de racimo se obtuvo durante la cosecha, utilizando una balanza calibrada. Cada variable fue registrada en fichas de campo y posteriormente sistematizada en matrices de datos.

Para el análisis estadístico se aplicó un modelo lineal bajo el enfoque de bloques completamente al azar, el modelo matemático se observa en la ecuación 1:

$$X_{ij} = \mu + \beta_i + \Gamma_j + e_{ij} \quad (1)$$

donde X_{ij} representa la observación para el tratamiento j en el bloque i , μ es la media general, β_i es el efecto del bloque, Γ_j es el efecto del tratamiento y e_{ij} es el error aleatorio (9). Se consideraron las fuentes de variación: tratamiento, bloque y error experimental. Se calcularon las sumas de cuadrados correspondientes, el grado de libertad, y el valor de F para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. En caso de encontrar diferencias, se aplicó la prueba de Tukey al 95 % de confianza para comparar medias.

Además, se realizó un análisis económico mediante la relación beneficio/costo (RBC), considerando los costos de insumos, mano de obra y equipos, y los ingresos generados por el rendimiento de cada tratamiento. Esta evaluación permitió identificar el tratamiento más rentable para el productor.

La metodología implementada permitió establecer un protocolo reproducible para la evaluación del uso de fitohormonas en el cultivo de plátano barraganete, generando datos confiables para la toma de decisiones agronómicas en condiciones amazónicas. Esta propuesta se fundamenta en prácticas agrícolas sostenibles, que buscan aumentar la productividad sin comprometer el equilibrio ecológico de la región.

RESULTADOS

La presentación de los hallazgos de esta investigación se estructura en torno a los tres objetivos específicos propuestos: (1) evaluar el crecimiento del racimo de plátano barraganete bajo la influencia de fitohormonas; (2) determinar el efecto productivo de Cytokin, Auxinas +

Giberelinas y Extracto de algas mediante análisis estadístico; y (3) realizar un análisis económico que permita establecer la relación costo-beneficio de cada tratamiento aplicado.

Determinación del crecimiento del racimo bajo la influencia de las fitohormonas

Para evaluar el crecimiento del racimo se midieron las siguientes variables: longitud de la bellota y del raquis, número de manos y dedos del racimo, y longitud de los dedos. Estas variables se monitorearon durante 12 semanas, permitiendo identificar el comportamiento fisiológico del cultivo bajo la acción de las fitohormonas. A lo largo del ensayo, se evidenciaron diferencias notables entre los tratamientos, lo que indica una influencia directa de los reguladores de crecimiento vegetal en la expresión morfológica de los racimos.

Longitud de la bellota

El tratamiento T2 (Citoquininas) mostró consistentemente los valores más altos en longitud de bellota, alcanzando los 73,58 cm al día 84, superando a T3 (Auxinas + Giberelinas) con 72,75 cm. En contraste, los tratamientos T1 (Extracto de algas) y T4 (Testigo) mostraron menores valores, 69,42 cm y 71,36 cm respectivamente.

Tabla 2. Longitud de la bellota.

Día de evaluación	Tratamientos	Longitud de la bellota (cm)
7	T1 (Extracto de algas)	36,02 ± 0,46 A
	T2 (Citoquininas)	35,81 ± 0,46 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	36,20 ± 0,46 A
	T4 (Testigo)	32,45 ± 0,46 B
14	T1 (Extracto de algas)	47,59 ± 0,55 C
	T2 (Citoquininas)	57,61 ± 0,55 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	52,86 ± 0,55 B
	T4 (Testigo)	43,55 ± 0,55 D

El análisis estadístico evidenció diferencias significativas entre tratamientos, respaldando la eficacia de las citoquininas para estimular el alargamiento del eje floral. Estos resultados concuerdan parcialmente con los reportes de (10), quien reportó valores superiores en el uso combinado de fitohormonas; cabe mencionar que la aplicación de citoquininas favorece la actividad meristemática, incrementando la división celular y, por tanto, la elongación de órganos florales.

Longitud del raquis

Como se observa en la tabla 3 la longitud del raquis se vio igualmente favorecida por la aplicación de citoquininas (T2), que alcanzó 8,52 cm, y por el tratamiento T3 (Auxinas + Giberelinas) con 8,58 cm, ambos significativamente superiores a T1 (Extracto de algas) y T4 (Testigo).

HORMONAS VEGETALES COMO ALIADAS: MEJORA DEL RENDIMIENTO DEL PLÁTANO BARRAGANETE (MUSA PARADISIACA) EN LA REGIÓN AMAZÓNICA

Tabla 3. Longitud del raquis.

Día de evaluación	Tratamientos	Longitud del raquis (cm)
7	T1 (Extracto de algas)	42,03 ± 0,95 B
	T2 (Citoquininas)	52,08 ± 0,95 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	50,34 ± 0,95 A
	T4 (Testigo)	43,55 ± 0,95 B
14	T1 (Extracto de algas)	44,69 ± 0,91 C
	T2 (Citoquininas)	53,37 ± 0,91 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	53,56 ± 0,91 A
	T4 (Testigo)	47,67 ± 0,91 B
21	T1 (Extracto de algas)	47,09 ± 0,90 C
	T2 (Citoquininas)	55,59 ± 0,90 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	55,89 ± 0,90 A
	T4 (Testigo)	49,98 ± 0,90 B
28	T1 (Extracto de algas)	49,66 ± 0,89 C
	T2 (Citoquininas)	57,91 ± 0,89 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	57,98 ± 0,89 A
	T4 (Testigo)	52,31 ± 0,89 B
35	T1 (Extracto de algas)	51,97 ± 0,89 C
	T2 (Citoquininas)	60,27 ± 0,89 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	60,27 ± 0,89 A
	T4 (Testigo)	54,73 ± 0,89 B
42	T1 (Extracto de algas)	54,53 ± 0,88 C
	T2 (Citoquininas)	62,48 ± 0,88 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	62,36 ± 0,88 A
	T4 (Testigo)	57,31 ± 0,88 B
49	T1 (Extracto de algas)	55,81 ± 0,97 C
	T2 (Citoquininas)	64,72 ± 0,97 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	64,67 ± 0,97 A
	T4 (Testigo)	58,52 ± 0,97 B
56	T1 (Extracto de algas)	59,72 ± 0,98 C
	T2 (Citoquininas)	65,78 ± 0,98 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	64,78 ± 0,98 AB
	T4 (Testigo)	62,41 ± 0,98 B
63	T1 (Extracto de algas)	62,22 ± 0,93 C
	T2 (Citoquininas)	67,81 ± 0,93 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	66,73 ± 0,93 AB
	T4 (Testigo)	64,81 ± 0,93 B
70	T1 (Extracto de algas)	64,72 ± 0,86 C
	T2 (Citoquininas)	69,70 ± 0,86 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	68,75 ± 0,86 AB
	T4 (Testigo)	67,36 ± 0,86 B
77	T1 (Extracto de algas)	67,00 ± 0,82 C

HORMONAS VEGETALES COMO ALIADAS: MEJORA DEL RENDIMIENTO DEL PLÁTANO BARRAGANETE (MUSA PARADISIACA) EN LA REGIÓN AMAZÓNICA

	T2 (Citoquininas)	71,64 ± 0,82 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	70,97 ± 0,82 AB
	T4 (Testigo)	69,36 ± 0,82 B
84	T1 (Extracto de algas)	69,42 ± 0,82 C
	T2 (Citoquininas)	73,58 ± 0,82 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	72,75 ± 0,82 AB
	T4 (Testigo)	71,36 ± 0,82 B

Una mayor longitud del raquis permite un espaciamiento adecuado de las manos, lo cual mejora la aireación del racimo y reduce la incidencia de enfermedades como la Sigatoka negra. Además, un raquis bien desarrollado contribuye a una mejor presentación comercial, aspecto clave en los mercados internacionales. El incremento observado en T2 y T3 valida el potencial de estas fitohormonas para optimizar parámetros morfológicos relevantes.

Número de manos por racimo

Como se evidencia en la Tabla 4, el tratamiento T3 (Auxinas + Giberelinas) obtuvo el mayor número de manos (8,58), seguido de cerca por T2 (8,52). En tanto que los valores menores se observaron en T1 y T4 (5,97 cada uno). El aumento en el número de manos es un indicador directo del potencial productivo.

Tabla 4. Número de manos por racimo.

Día de evaluación	Tratamientos	Número de manos del racimo
7	T1 (Extracto de algas)	1,81 ± 0,03 B
	T2 (Citoquininas)	2,00 ± 0,03 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	1,83 ± 0,03 B
	T4 (Testigo)	1,72 ± 0,03 B
14	T1 (Extracto de algas)	1,84 ± 0,05 C
	T2 (Citoquininas)	2,06 ± 0,05 AB
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	2,17 ± 0,05 B
	T4 (Testigo)	2,00 ± 0,05 B
21	T1 (Extracto de algas)	2,81 ± 0,13 C
	T2 (Citoquininas)	3,20 ± 0,13 B
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	3,70 ± 0,13 A
	T4 (Testigo)	2,67 ± 0,13 C
28	T1 (Extracto de algas)	3,06 ± 0,09 C
	T2 (Citoquininas)	4,23 ± 0,09 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	4,00 ± 0,09 AB
	T4 (Testigo)	3,81 ± 0,09 B
35	T1 (Extracto de algas)	3,37 ± 0,14 C
	T2 (Citoquininas)	4,80 ± 0,14 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	4,87 ± 0,14 A
	T4 (Testigo)	4,06 ± 0,14 B
42	T1 (Extracto de algas)	4,12 ± 0,13 B

HORMONAS VEGETALES COMO ALIADAS: MEJORA DEL RENDIMIENTO DEL PLÁTANO BARRAGANETE (MUSA PARADISIACA) EN LA REGIÓN AMAZÓNICA

	T2 (Citoquininas)	5,66 ± 0,13 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	5,75 ± 0,13 A
	T4 (Testigo)	4,19 ± 0,13 B
49	T1 (Extracto de algas)	4,37 ± 0,11 C
	T2 (Citoquininas)	6,25 ± 0,11 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	6,12 ± 0,11 A
	T4 (Testigo)	4,91 ± 0,11 B
56	T1 (Extracto de algas)	4,84 ± 0,13 C
	T2 (Citoquininas)	7,02 ± 0,13 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	6,91 ± 0,13 A
	T4 (Testigo)	5,59 ± 0,13 B
63	T1 (Extracto de algas)	5,06 ± 0,11 C
	T2 (Citoquininas)	7,64 ± 0,11 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	7,70 ± 0,11 A
	T4 (Testigo)	5,87 ± 0,11 B
70	T1 (Extracto de algas)	5,87 ± 0,09 B
	T2 (Citoquininas)	8,48 ± 0,09 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	8,45 ± 0,09 A
	T4 (Testigo)	5,87 ± 0,09 B
77	T1 (Extracto de algas)	5,97 ± 0,08 B
	T2 (Citoquininas)	8,52 ± 0,08 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	8,58 ± 0,08 A
	T4 (Testigo)	5,97 ± 0,08 B
84	T1 (Extracto de algas)	5,97 ± 0,08 B
	T2 (Citoquininas)	8,52 ± 0,08 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	8,58 ± 0,08 A
	T4 (Testigo)	5,97 ± 0,08 B

El número de manos es un parámetro crucial que define la arquitectura del racimo y su potencial de mercado. Las fitohormonas, al actuar sobre los tejidos meristemáticos, promueven una mayor diferenciación de estructuras reproductivas, lo cual se traduce en un aumento de manos productivas. Esta variable está fuertemente influenciada por la nutrición hormonal durante las fases iniciales del desarrollo floral.

Número de dedos por racimo y longitud de los dedos del racimo

Como se observa en la tabla 5, para el número de dedos por racimo el T3 y T2 también lideraron esta variable con 57,19 y 50,55 dedos/racimo, respectivamente, mientras que T1 y T4 se mantuvieron por debajo de 32. La mejora en esta variable refleja la capacidad de las fitohormonas para promover el cuajado de frutos.

HORMONAS VEGETALES COMO ALIADAS: MEJORA DEL RENDIMIENTO DEL PLÁTANO BARRAGANETE (MUSA PARADISIACA) EN LA REGIÓN AMAZÓNICA

En tanto al analizar la longitud de los dedos por racimo, el tratamiento T2 destacó con 27,25 cm, superando la longitud mínima exigida para exportación (22,86 cm) como se observa en la tabla 5. Estos hallazgos sugieren que la aplicación de citoquininas puede ser estratégica para alcanzar estándares de calidad comercial. La longitud del dedo es un indicador de calidad interna, ya que se asocia con el desarrollo celular y el almacenamiento de reservas. Las giberelinas, por ejemplo, estimulan la elongación de las células en tejidos de crecimiento activo, mientras que las citoquininas retrasan la senescencia, favoreciendo una mayor duración en la fase de desarrollo del fruto.

Tabla 5. Número y longitud de dedos del racimo.

Día de evaluación	de Tratamientos	Número de dedos del racimo	Longitud de los dedos del racimo (cm)
7	T1 (Extracto de algas)	16,53 ± 0,33 C	2,47 ± 0,12 B
	T2 (Citoquininas)	19,14 ± 0,33 B	2,97 ± 0,12 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	21,37 ± 0,33 A	2,50 ± 0,12 B
	T4 (Testigo)	15,95 ± 0,33 C	2,37 ± 0,12 B
14	T1 (Extracto de algas)	17,62 ± 0,35 C	3,44 ± 0,16 B
	T2 (Citoquininas)	21,91 ± 0,35 B	4,81 ± 0,16 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	23,05 ± 0,35 A	2,87 ± 0,16 C
	T4 (Testigo)	17,05 ± 0,35 C	2,98 ± 0,16 C
21	T1 (Extracto de algas)	19,09 ± 0,40 C	4,03 ± 0,20 B
	T2 (Citoquininas)	25,12 ± 0,40 B	4,81 ± 0,20 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	28,50 ± 0,40 A	3,28 ± 0,20 C
	T4 (Testigo)	18,33 ± 0,40 C	3,39 ± 0,20 C
28	T1 (Extracto de algas)	20,39 ± 0,44 C	5,09 ± 0,27 B
	T2 (Citoquininas)	28,37 ± 0,44 B	8,80 ± 0,27 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	30,25 ± 0,44 A	4,06 ± 0,27 C
	T4 (Testigo)	19,34 ± 0,44 C	4,17 ± 0,27 C
35	T1 (Extracto de algas)	22,36 ± 0,47 C	6,47 ± 0,35 B
	T2 (Citoquininas)	31,33 ± 0,47 B	11,14 ± 0,35 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	34,78 ± 0,47 A	5,23 ± 0,35 C
	T4 (Testigo)	20,30 ± 0,47 D	5,41 ± 0,35 C
42	T1 (Extracto de algas)	23,52 ± 0,47 C	7,94 ± 0,40 B
	T2 (Citoquininas)	34,16 ± 0,47 B	13,25 ± 0,40 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	37,81 ± 0,47 A	6,50 ± 0,40 C
	T4 (Testigo)	21,28 ± 0,47 D	6,70 ± 0,40 C
49	T1 (Extracto de algas)	25,66 ± 0,54 C	9,77 ± 0,41 B
	T2 (Citoquininas)	37,05 ± 0,54 B	15,27 ± 0,41 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	41,36 ± 0,54 A	8,06 ± 0,41 C
	T4 (Testigo)	22,69 ± 0,54 D	8,30 ± 0,41 C
56	T1 (Extracto de algas)	27,23 ± 0,49 C	11,31 ± 0,46 B
	T2 (Citoquininas)	39,59 ± 0,49 B	17,34 ± 0,46 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	46,00 ± 0,49 A	9,56 ± 0,46 C

HORMONAS VEGETALES COMO ALIADAS: MEJORA DEL RENDIMIENTO DEL PLÁTANO BARRAGANETE (MUSA PARADISIACA) EN LA REGIÓN AMAZÓNICA

	T4 (Testigo)	23,81 ± 0,49 D	9,66 ± 0,46 C
63	T1 (Extracto de algas)	28,89 ± 0,55 C	13,00 ± 0,50 B
	T2 (Citoquininas)	42,28 ± 0,55 B	19,53 ± 0,50 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	48,69 ± 0,55 A	10,95 ± 0,50 C
	T4 (Testigo)	25,02 ± 0,55 D	10,91 ± 0,50 C
70	T1 (Extracto de algas)	29,77 ± 0,56 C	14,59 ± 0,52 B
	T2 (Citoquininas)	45,42 ± 0,56 B	21,58 ± 0,52 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	52,45 ± 0,55 A	12,41 ± 0,52 C
	T4 (Testigo)	26,11 ± 0,55 D	12,28 ± 0,52 C
77	T1 (Extracto de algas)	30,66 ± 0,56 C	16,33 ± 0,56 B
	T2 (Citoquininas)	48,41 ± 0,56 B	23,34 ± 0,56 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	55,52 ± 0,55 A	13,94 ± 0,56 C
	T4 (Testigo)	27,30 ± 0,55 D	13,61 ± 0,56 C
84	T1 (Extracto de algas)	31,53 ± 0,60 C	17,97 ± 0,51 B
	T2 (Citoquininas)	50,55 ± 0,60 B	27,25 ± 0,51 A
	T3 (Auxinas + Giberelinas)	57,19 ± 0,60 A	17,42 ± 0,51 B
	T4 (Testigo)	28,44 ± 0,60 D	17,91 ± 0,51 B

Efecto productivo de las fitohormonas

El rendimiento del cultivo de plátano barraganete se evaluó principalmente mediante la variable peso del racimo (kg), siendo esta una medida directa del efecto fisiológico y productivo de las fitohormonas aplicadas. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, confirmando el impacto de los reguladores de crecimiento vegetal sobre el desarrollo de la biomasa cosechable.

El tratamiento T3 (Auxinas + Giberelinas) registró el peso promedio de racimo más alto con 35,66 kg, seguido por T2 (Citoquininas) con 33,45 kg. En contraste, los tratamientos T1 (Extracto de algas) y T4 (Testigo) alcanzaron 22,12 kg y 21,76 kg respectivamente. Este comportamiento sugiere una alta eficiencia fisiológica en los tratamientos hormonales T2 y T3 para inducir procesos de elongación celular, aumento en la tasa de fotosíntesis y mejora en la traslocación de foto asimilados hacia los órganos de almacenamiento como el racimo.

La sinergia hormonal en T3 podría explicar su efecto superior, ya que las auxinas promueven la división celular inicial y las giberelinas prolongan la elongación celular, mientras las citoquininas retrasan la senescencia y aumentan la eficiencia fotosintética.

Análisis económico

La viabilidad económica de los tratamientos fue evaluada a través del cálculo de la relación beneficio-costos (RCB) para cada uno. En la Tabla 6, se observa que los tratamientos hormonales T2 (Citoquininas) y T3 (Auxinas + Giberelinas) registraron las mayores RCB con valores de 5,32 y 5,77 respectivamente. Por su parte, el tratamiento T1 (Extracto de algas) alcanzó una RCB de 2,92 y el testigo (T4) solo 2,23.

A pesar del mayor costo de insumos y mano de obra asociado a T3, su utilidad neta por hectárea (\$2663,28) fue superior al resto de tratamientos. Este resultado indica que la inversión en fitohormonas como estrategia de manejo productivo resulta altamente rentable, en especial cuando se combina con buenas prácticas agrícolas y manejo agronómico.

Tabla 6. Análisis económico.

Detalle	Presentación	Precio (\$)	Cantidad utilizada	Valor depreciación (\$)		Costo (\$)				
				Semanal	Tratamiento	T1 (Extracto de algas)	T2 (Citoquininas)	T3 (Auxinas + Giberelinas)	T4 (Testigo)	
Extracto de Algas (ml)	1000	6,5	600			3,9				
Cytokin (ml)	1000	31	600				18,6			
Auxinas (g)	200	15	600					45		
Ácido Giberélico (g)	10	2,5	600					150		
Bomba de 20 litros	-	90	-	0,63	0,16	1,88	1,88	1,88	1,88	
Jornal	-	20	240			60	60	60	60	
Costo Total (CT \$)/ Tratamiento						65,78	80,48	256,88	61,88	
Costo Total (CT \$)/ (Proyección a 1 ha)						411,09	502,97	1605,47	386,72	
Producción										
Peso del racimo (kg)						22,12	33,45	35,66	21,76	
Precio del racimo (\$)						2,5	4,5	5	2	
Número de racimos (Proyección a 1 ha)						625	625	625	625	
Utilidad Bruta (UB \$)/Ha						1562,5	2812,5	3125	1250	
Utilidad Neta (UN): UB – CT						1151,41	2309,5	1519,53	863,28	
RELACIÓN COSTO/BENEFICIO (Ha)						2,8	4,59	0,95	2,23	

En términos de rentabilidad relativa, el tratamiento con extracto de algas también resultó económicamente viable, aunque con menor eficiencia productiva y menor retorno por dólar invertido. Este hallazgo sugiere que, si bien todos los tratamientos pueden mejorar el rendimiento frente al testigo, las fitohormonas específicas tienen mayor efecto y justifican su aplicación bajo criterios de costo-beneficio.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta investigación confirman que el uso de fitohormonas influye de manera significativa en las características morfológicas y en la productividad del cultivo de plátano barraganete (*Musa paradisiaca*). Estos resultados respaldan el valor agronómico de dichos reguladores de crecimiento vegetal en entornos agrícolas propios de zonas tropicales húmedas, como es el caso del cantón Shushufindi, ubicado en la provincia de Sucumbíos.

La longitud de la bellota y del raquis, consideradas indicadores fisiológicos de la expresión floral, mostraron incrementos notables bajo el efecto de las citoquininas y las auxinas combinadas con giberelinas. Esto concuerda con lo reportado por (11), quien indicó que estas fitohormonas promueven la elongación celular y la diferenciación floral, procesos clave en la arquitectura reproductiva de las musáceas (12). Asimismo, (13) destacan que las auxinas desempeñan un rol esencial en el inicio del desarrollo de estructuras florales y en la generación de frutos partenocárpicos. Este efecto fisiológico podría justificar el aumento observado en la cantidad de manos y dedos por racimo (13).

En cuanto a la longitud de los dedos, los valores obtenidos con citoquininas superaron el umbral exigido para la exportación, lo que reafirma su efecto positivo sobre la calidad del fruto. (13) señala que estas hormonas no solo retrasan la senescencia, sino que también mejoran la traslocación de nutrientes hacia los tejidos en desarrollo, optimizando el llenado del fruto. Este hallazgo es crucial para orientar prácticas de manejo en plantaciones comerciales destinadas a mercados externos.

Respecto al peso del racimo, los tratamientos T2 y T3 superaron significativamente al testigo, lo que refleja una mayor eficiencia fotosintética y metabólica inducida por las fitohormonas. [14] explican que la aplicación exógena de reguladores de crecimiento mejora la eficiencia del uso de agua y nutrientes, así como la partición de asimilados, lo que se traduce en mayor biomasa cosechable. Del mismo modo, (11) destaca que las giberelinas aumentan la síntesis de enzimas que favorecen la elongación celular en frutos, lo que contribuye directamente al incremento de peso.

Desde el punto de vista económico, la Relación Costo-Beneficio (RCB) alcanzada por los tratamientos T2 y T3 fue superior a 5, lo que representa una excelente rentabilidad para los productores. Estos datos se alinean con lo propuesto por (15), quien determinó que el uso de fitohormonas en banano puede duplicar la rentabilidad neta por hectárea frente a los sistemas tradicionales sin aplicaciones hormonales. Además, el bajo costo relativo de implementación frente al beneficio obtenido posiciona estas alternativas como herramientas clave en estrategias de intensificación sostenible.

Comparando con otros estudios realizados en el país, como el de (6), donde se evaluaron distintas dosis de citoquininas y se reportaron mejoras significativas en peso, número de manos y calidad del racimo, nuestros hallazgos no solo confirman estas tendencias, sino que las superan al incorporar tratamientos combinados que actúan sinérgicamente.

Sin embargo, es importante considerar que los resultados pueden variar dependiendo de factores como la variedad cultivada, condiciones edafoclimáticas, y época de aplicación. En este sentido, se recomienda continuar con estudios a mediano y largo plazo que incluyan parámetros de sostenibilidad, análisis de residuos hormonales y evaluación del impacto ambiental.

Finalmente, el presente estudio aporta evidencia científica sólida que respalda la incorporación de fitohormonas en el manejo agronómico del plátano barraganete, promoviendo una producción más eficiente, rentable y ajustada a los requerimientos de calidad del mercado. Este tipo de investigaciones es fundamental para fomentar la transición hacia sistemas agrícolas más tecnológicos y sostenibles en la Amazonía ecuatoriana, en línea con las recomendaciones de (16, 7).

CONCLUSIONES

Las fitohormonas aplicadas evidenciaron respuestas diferenciadas en cuanto al desarrollo morfológico del racimo en el cultivo de plátano barraganete (*Musa paradisiaca*). Específicamente, el tratamiento con auxinas combinadas con giberelinas (T3) mostró una mayor eficacia en variables como la cantidad de manos y dedos por racimo, lo que refleja su impacto directo sobre los procesos reproductivos de la planta. Por otro lado, las citoquininas (T2) presentaron un mejor desempeño en la elongación de estructuras florales y frutales, como la bellota, el raquis y la longitud de los dedos, lo que resalta su acción sobre el crecimiento celular. Estas diferencias en la respuesta fisiológica indican que la elección de la fitohormona debe estar alineada con el objetivo agronómico del productor, ya sea maximizar el número de frutos o mejorar su tamaño y presentación.

Desde el punto de vista productivo, el tratamiento T3 fue el más eficiente en términos de rendimiento, alcanzando los mayores pesos por racimo durante el periodo experimental. Este resultado evidencia la efectividad de las auxinas y giberelinas como inductores de una mayor acumulación de biomasa en el fruto, lo que constituye una estrategia agronómica prometedora para incrementar la productividad en sistemas tropicales húmedos como el de Shushufindi.

El análisis económico mostró que los tratamientos T2 y T3 son financieramente sostenibles y altamente rentables, con relaciones costo-beneficio que superan ampliamente al testigo. Esto refuerza su aplicación como prácticas tecnificadas que, además de mejorar el rendimiento, permiten optimizar el uso de los recursos disponibles y fortalecer la competitividad del cultivo en mercados exigentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ajila L, et al. Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina Rev Cienc Multidiscip* [Internet]. 2023;7(1):3–10. Disponible en: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/4981>.
2. AEFA. Reguladores de crecimiento. [Internet]. España: Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes; 2022 [citado 2023 nov 25]. Disponible en: <https://aefa-agronutrientes.org/reguladores-de-crecimiento>
3. Acaro L, et al. Evolución en las exportaciones de banano e impacto del desarrollo económico, provincia de El Oro 2011 - 2020, pre-pandemia, pandemia. [Trabajo de titulación]. Machala: Universidad Técnica de Machala, Facultad Ciencias Económicas y Empresariales; 2021. p.4. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/17663>
4. Avellán Vásquez L. Exportación y eficiencia del uso de fósforo en plátano ‘barraganete’ (*Musa paradisiaca* L.). *Rev Fitotec Mex*. 2020;43(1):2.
5. Arcila Pulgarín MI, et al. El cultivo del plátano. Manual técnico. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Internet]. 2012;30(65):9–11. Disponible en: <https://leccionesdelcampo.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/05/cultivo-del-platanoen-el-eje-cafetero.pdf>.
6. Albán Cárdenas EE. Evaluación de la eficacia de citoquinina (Cytokin) y un inductor carbónico (Carboroot)... [Trabajo de titulación]. Esmeraldas: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales; 2014. pp.5–17. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3297/1/13T0778%20.pdf>.
7. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Memoria técnica cantón Shushufindi cobertura y uso de la tierra. [Internet]. Ecuador; 2021 [citado 2024 ene 11]. Disponible en: http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Coberturas_SHUSHUFINDI_2015
8. GADPRE. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Siete de Julio. [Internet]. Ecuador; 2020 [citado 2024 ene 15]. Disponible en: <https://gadprsietedejulio.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/PLAN-DE-DESARROLLO-Y-ORDENAMIENTO-TERRITORIAL-SIETE-DE-JULIO.pdf>.
9. Gutiérrez Reyes M, Córdova Cuéllar A. Desarrollo programático de la asignatura diseño de experimentos. [Tesis de maestría]. San Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática; 2023. pp.1–6. Disponible en: <https://repositorio.ues.edu.sv/items/518cb6a6-5bc2-4d72-ac0f>.
10. Santana Fernández AW. Efecto de sustancias reguladoras de crecimiento en el desarrollo del racimo de banano (*Musa acuminata*) en la zona de Quevedo [trabajo de titulación en Internet]. Quevedo (EC): Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias; 2021 [citado 2023 dic 21]. p. 11–24. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6517>.
11. Rademacher G. Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. *Annu Plant Rev* [Internet]. 2017;49(2):1. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781119312994.apr0541>.

12. Gollagi SG, et al. Effects of growth regulators on growth, yield and quality of fruit crops: A review. *J Pharmacogn Phytochem* [Internet]. 2019;8(4):2. Disponible en: <https://www.phytojournal.com/archives/2019/vol8issue4/PartQ/8-3-562-422.pdf>.
13. Garay Arroyo A, et al. La homeostasis de las auxinas y su importancia en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. *Rev Educ Bioquím*. 2014;33(1):14.
14. Borjas Ventura R, et al. Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *J Selva Andina Biosph*. 2020;8(2):1–28.
15. Meléndez Cerezo JE. Fitohormonas promotoras en el crecimiento vegetal en la producción del cultivo de banano. [Trabajo de titulación]. Los Ríos: Universidad Técnica de Babahoyo; 2021. p.6. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10206>.
16. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Banano, plátano y otras musáceas. [Internet]. Ecuador; 2021 [citado 2023 nov 17]. Disponible en: <https://www.iniap.gob.ec/banano-platano-y-otras-musaceas/>.
17. Castro Jara DP, Webster Coello GR. El almidón modificado del plátano (*Musa paradisiaca*) como alternativa en la industria cárnica. [Trabajo de titulación]. Cuenca: Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología; 2008. p.18. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7662/1/06649.pdf>.
18. Morales Álvarez EL, et al. Evaluación socioeconómica de la producción de plátano en la zona norte de la Provincia de Los Ríos. *J Bus Entrep Stud*. 2020;4(2):25.
19. Hoyos J, et al. Evaluation of the effect of different concentrations of phytohormones in micropropagation of dominico hartón plantain (*Musa AAB Simmonds*). *Biotecnol Sect Agropecu Agroind* [Internet]. 2018;6(2):101. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1692-35612008000200013.
20. Pineda Ramón JS. Evaluación de diferentes métodos de aplicación de fungicidas y extractos botánicos para el control de pudrición de corona de banano. [Trabajo de titulación]. Machala: Universidad Técnica de Machala; 2021. p.19. Disponible en: <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16561>.