Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia

# Efecto de bioestimulantes en la reducción de estrés y aumento del peso de racimos en el cultivo de banano

**Anaite Carolina Herrera Ramos[1*], Rebeca Madrigal Acuña[2]**

[1]DISAGRO Anillo periférico 17-36 zona 11 Guatemala, [2]Monreri Laboratorio Agrícola 400 m sur oficinas del ICE en San Pedro, sobre radial a Zapote, Costa Rica

***Autor de correspondencia:***
Anaite Carolina Herrera Ramos
acherrera@disagro.com

***Contribución:***
Artículo Científico

***Sección:***
Fisiología y Bioquímica

***Recibido***:
15 diciembre, 2025
***Publicado***:
30 abril, 2026

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

**RESUMEN**

En el cantón de Pococí, provincia de Limón (Costa Rica), se realizó un experimento para evaluar el efecto de la aplicación de bio estimulantes con base en aminoácidos y extractos de algas (*Ascophyllum nodosum)*, sobre el peso del racimo en el cultivo de banano (*Musa* spp., cv. Gran Enano). Estos se aplicaron en mezcla con fungicida de contacto multi sitio (mancozeb 62 SC) en dosis de 1 litro por hectárea. El ensayo se llevó a cabo durante dos generaciones, en plantas provenientes de cultivo de meristemos. Las aplicaciones se realizaron cada dos semanas, con un total de 20 aplicaciones en la primera generación y 27 en la segunda. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones, cada unidad experimental contó con 30 plantas. Las variables evaluadas incluyeron: 1) parámetros fitosanitarios frente a *Pseudocercospora fijiensis* (agente causal de la Sigatoka negra), 2) crecimiento vegetativo, 3) distancia entre los peciolos (entrenudos) de las hojas #3 y #9, y 4) peso de racimo. Los resultados de las variables distancia entre nudos y peso de racimo mostraron que las plantas en el tratamiento con aminoácidos tuvieron distancia entre nudos, significativamente mayor que la del testigo, evidenciando menor estrés (arrepollamiento). Asimismo, con este tratamiento, se observaron incrementos en el peso del racimo respecto al testigo que oscilaron entre 1.2 y 2.8 kg.

**Palabras clave:** Distancia peciolos, Arrepollamiento, Aminoácidos, Extracto de algas, Peso racimo

**ABSTRACT**

In the canton of Pococí, province of Limón (Costa Rica), an experiment was conducted to evaluate the effect of applying biostimulants based on amino acids and seaweed extracts (*Ascophyllum nodosum*) on bunch weight in banana (*Musa* spp., cv. Gran Enano). These were applied in combination with a multisite contact fungicide (mancozeb 62 SC) at a rate of 1 liter per hectare. The trial was carried out over two generations, using plants derived from meristem culture. Applications were made every two weeks, totaling 20 applications in the first generation and 27 in the second. The experimental design used was a randomized complete block design with three treatments and four replications, with each experimental unit consisting of 30 plants. The evaluated variables included: (1) phytosanitary parameters against *Pseudocercospora fijiensis* (the causal agent of black Sigatoka), (2) vegetative growth, (3) distance between the nodes of leaves #3 and #9 as an indicator of leaf bunching (stress), and (4) bunch weight. Results for the variables node distance and bunch weight showed that plants in the amino acid treatment had a significantly greater distance between nodes compared to the control, indicating reduced leaf bunching. Likewise, in this treatment, increases in bunch weight relative to the control were observed, ranging from 1.2 to 2.8 kg.

**Keywords:** Leaf bunching, Seaweed extracts, Amino acids, Bunch weight

Copyright: © 2026 por los autores. Licencia Acorbat Internacional. Este artículo es de acceso libre y distribuido bajo los términos de Acorbat Internacional

## INTRODUCCIÓN

Los bioestimulantes son compuestos o mezclas de compuestos que activan mecanismos fisiológicos en las plantas, con el objetivo de mitigar los efectos negativos del estrés abiótico. Los extractos de algas contienen fitohormonas (citoquininas, auxinas, giberelinas ácido abscísico, brasinoesteroides y precursores de etileno) así como polisacáridos (alginatos) que explican su acción en procesos fisiológicos celulares (Khan *et al*., 2009). Los aminoácidos son producto de la hidrólisis química o enzimática de las proteínas que modifican el metabolismo del nitrógeno con la consecuente asimilación de carbono y crecimiento de las plantas (Colla *et al*., 2017).

El cultivo de banano se ve afectado por estrés ambiental (temperatura, sequía, horas luz, exceso de agua etc.) que afecta negativamente el rendimiento de fruta. Uno de los síntomas que se observa en las plantas con estrés es que la distancia entre los peciolos (entrenudos) de las hojas disminuye por aumento de emisión foliar, esto se conoce como "arrepollamiento".

Con el objetivo de determinar si la aplicación de extractos de algas o aminoácidos mejoran el rendimiento del cultivo de banano (*Musa* spp., cv. Gran Enano), se instaló un experimento en el cantón de Pococí, provincia Limón, Costa Rica (coordenadas: 10°17'04.90" N; 83°48'21.24" O) desde septiembre 2021 hasta octubre de 2023.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó sobre plantas Gran Enano provenientes de cultivos de meristemos; las cuales se sembraron en la semana # 39 del 2021. El diseño experimental constó de tres tratamientos (dos bioestimulantes y un testigo) y cuatro repeticiones en un arreglo de bloques completos al azar. Cada unidad experimental estaba integrada por 30 plantas para un total de 120 plantas por tratamiento. Los resultados se analizaron con el programa Minitab® Statistical Software 22 utilizando el modelo lineal general para análisis combinado de múltiples experimentos (Dixon *et. al*., 2018), donde el efecto aleatorio fue la generación y los efectos fijos las repeticiones y los tratamientos. La comparación de medias del peso del racimo se realizó de acuerdo con la prueba de Tukey al 95 % de confianza.

Los bioestimulantes evaluados fueron: AMIN® (composición 11.9 % aminoácidos libres, 0.2 % B, 0.6 % Mn y 1.19 % Zn) y ALGAE® (composición 20 % de extracto *Ascophyllum nodosum*, 2.48 % MgO, 2 % S, 0.3 3% B, 0.15 % Cu, 0.33 % Mn, 0.1 % Mo y 1.13 % Zn) ambos de la empresa DISAGRO, en dosis de 1 L $ha^{-1}$ mezclados con mancozeb 62 SC en emulsión con Imbirex. La frecuencia de aplicación fue quincenal, siendo 20 aplicaciones en la primera generación y 27 en la segunda.

El programa de control de Sigatoka negra se diseñó de acuerdo con las condiciones climáticas: fungicidas sitio específico y multisitio se alternaron durante el período del ensayo. Los fungicidas se aplicaron con una bomba de motor STIHL 420, en emulsión con Imbirex (1 % vol. aceite) utilizando volúmenes de aceite entre 2.0-7.0 L $ha^{-1}$.

Cada dos semanas se evaluaron, en plantas sin parir las variables: hoja más joven con estría, hoja más joven con mancha, hojas totales y severidad de Sigatoka (utilizando la escala de Stover modificada por Gauhl).

Con la misma frecuencia se evaluaron los parámetros de desarrollo: altura, circunferencia y distancia entre los pecíolos ("entrenudos"). La altura se tomó desde la base del pseudotallo hasta la intersección de las hojas # 1 y # 2. La circunferencia se evaluó a 1.0 m del suelo mientras que la distancia entre los pecíolos se midió entre la hoja # 3 y la hoja # 9, esté último refleja el "arrepollamiento".

Los parámetros de producción evaluados fueron: hojas a parición, hojas a cosecha, peso del racimo (kg), número de manos y calibración de la segunda mano.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros fitosanitarios frente a *Pseudocercospora fijiensis*. El control de Sigatoka negra fue estadísticamente equivalente en los tres tratamientos, lo que muestra que la mezcla de los bioestimulantes con el fungicida no tuvo impacto negativo en el control del patógeno. En las figuras 1 y 2 se muestra la severidad de la enfermedad durante la duración del experimento (2022-2023). Las temperaturas durante la duración del experimento oscilaron entre 15 °C y 30 °C, la dinámica de estas se muestra en la Figura 3.

La precipitación pluvial se registró desde la semana 5 de 2022, inicio de las aplicaciones, hasta la semana 34 de 2023, cuando estas concluyeron. La Figura 4 presenta la precipitación acumulada en intervalos quincenales.

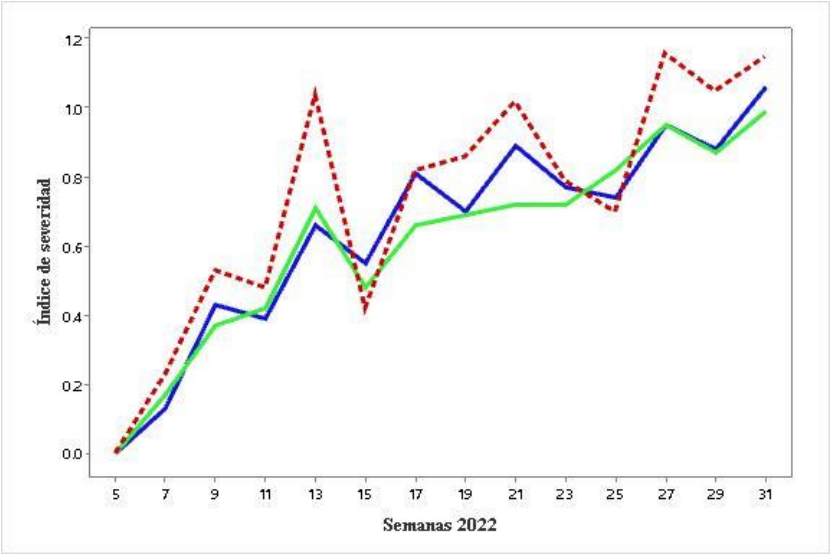



**Figura 1.** Promedio semanal del índice de severidad de Sigatoka negra en la primera generación. No se encontró diferencia estadística en la severidad de la enfermedad de los distintos tratamientos (valor p=0.484).

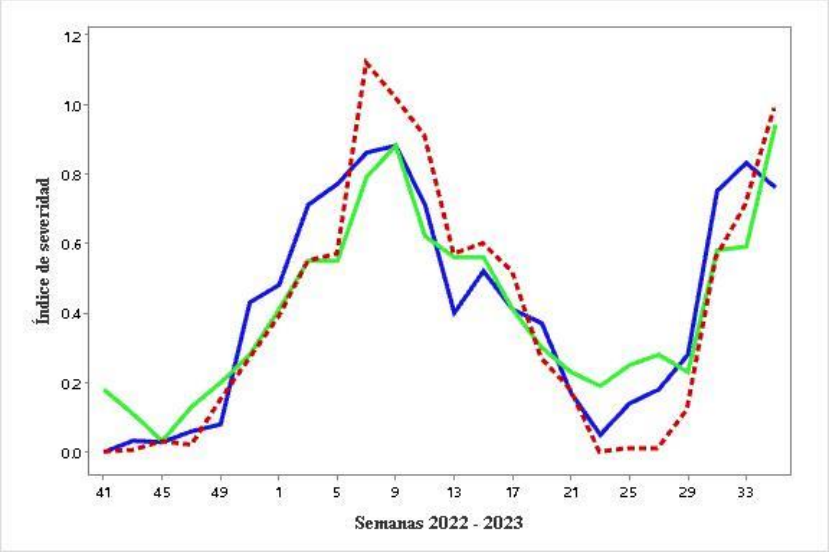



**Figura 2.** Promedio semanal del índice de severidad de Sigatoka negra en la segunda generación. Similar a la primera generación no se encontró diferencia estadística en la severidad de la enfermedad de los distintos tratamientos (valor p = 0.992).

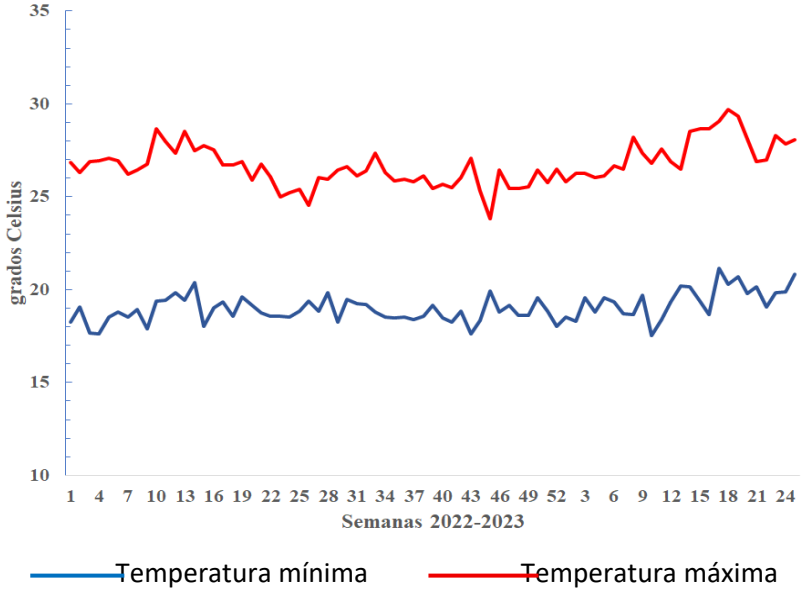



**Figura 3.** Dinámica de temperaturas mínimas y máximas durante toma de parámetros de crecimiento en ambas generaciones.

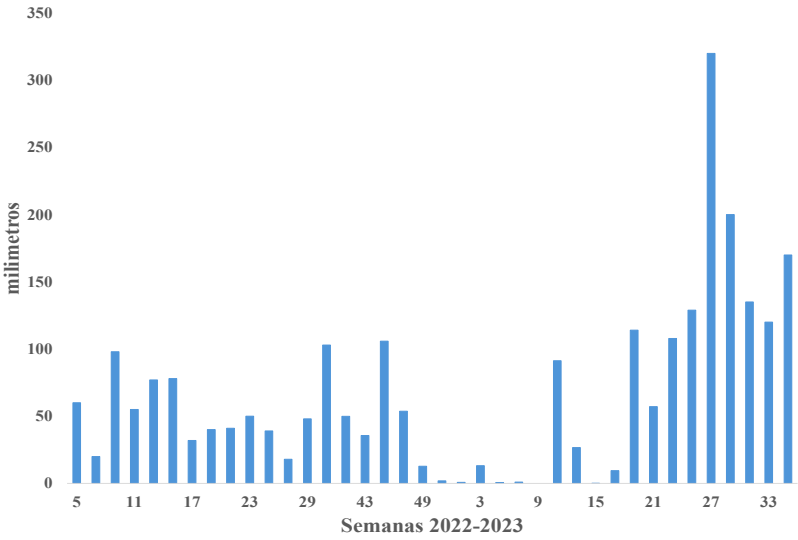



**Figura 4.** Precipitación acumulada quincenal durante seguimiento de severidad de Sigatoka negra de ambas generaciones (2022 – 2023).

Parámetros de crecimiento de la planta. La altura y circunferencia de las plantas, así como la distancia entre los peciolos de las hojas #3 y #9 se evaluó cada dos semanas en plantas si parir. Los resultados promedio de estos parámetros para la primera y segunda generación se muestran en los cuadros 1 y 2.

**Cuadro 1**. Parámetros crecimiento fase vegetativa de primera generación.

| Tratamiento | Altura (cm) | Grosor (cm) | Longitud entre peciolos (cm) |
|---|---|---|---|
| AMIN® | 171 b | 36.8 b | 44.4 b |
| ALGAE® | 166 b | 35.6 a | 42.5 a |
| TESTIGO | 158 a | 34.9 a | 41.6 a |
| | $p < 0.05$ | $p < 0.05$ | $p < 0.05$ |

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes Tukey (p=0.05)

**Cuadro 2.** Parámetros crecimiento fase vegetativa de segunda generación.

| Tratamiento | Altura (cm) | Grosor (cm) | Longitud entre peciolos (cm) |
|---|---|---|---|
| AMIN® | 207 b | 41.0 b | 43.3 b |
| ALGAE® | 200 a | 39.6 a | 41.9 a |
| TESTIGO | 202 a | 39.6 a | 41.8 a |
| | $p < 0.05$ | $p < 0.05$ | $p < 0.05$ |

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes Tukey (p=0.05)

Las plantas tratadas con AMIN® resultaron con promedios de altura, grosor y longitud entre peciolos mayores que el testigo en ambas generaciones. Menor distancia entre peciolos de las hojas #3 y #9 se interpreta como un síntoma de estrés, este parámetro fue estadísticamente menor en el tratamiento con AMIN®.

Parámetros de producción. Todos los racimos se cosecharon 12 semanas después de la parición. La aplicación de los bioestimulantes no tuvo efecto significativo sobre las variables hojas a parición y hojas a cosecha. Sin embargo, en los parámetros de peso del racimo y número de manos si se observó efecto de la aplicación de estos. En el cuadro 3 se muestran los resultados para ambas generaciones.

**Cuadro 3.** Promedio de pesos y número de manos por racimo por tratamiento en cosechas de la primera y segunda generación.

| | Primera generación | | Segunda generación | |
|---|---|---|---|---|
| **Tratamiento** | **Masa (kg)** | **Manos/racimo** | **Masa (kg)** | **Manos/racimo** |
| AMIN® | 21.1 b | 7.3 b | 19.8 | 7.0 b |
| ALGAE® | 18.9 a | 7.0 b | 17.9 | 6.6 a |
| TESTIGO | 18.3 a | 6.5 a | 18.6 | 6.5 a |
| | $p = 0.001$ | $p = 0.0028$ | $p = 0.08$ | $p = 0.02$ |

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes Tukey (p=0.05)

El modelo estadístico para el análisis combinado del peso de racimo en ambas generaciones utilizado fue:

$$y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + (TB)_{ij} + G_k + (TG)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

donde T=tratamiento, B=bloque, G=generación.

En el cuadro 4 se muestran los componentes de la varianza para efectos aleatorios y en el 5 se presenta la prueba de efectos fijos. Los resultados del análisis combinado del peso de racimo y numero de manos en ambas generaciones se resumen en el cuadro 6.

**Cuadro 4.** Análisis de componentes de varianza de efectos aleatorios.

| Fuente | Varianza | % del total | Error estándar de la varianza | Z | p |
|---|---|---|---|---|---|
| Generación | 0 | 0 | | | |
| Generación*tratamiento | 0.126 | 0.51 | 0.336 | 0.375 | 0.354 |
| Error | 24.83 | 99.49 | 1.567 | 15.84 | 0.000 |
| **Total** | 24.96 | | | | |

**Cuadro 5.** Pruebas de efectos fijos.

| Término | GL numerador | GL denominador | Valor F | Valor p |
|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 2 | 3.14 | 11.89 | 0.062 |
| Bloque | 3 | 503.3 | 1.04 | 0.329 |

**Cuadro 6.** Resultados combinados de peso promedio y número de manos en ambas generaciones.

| Tratamiento | Masa (kg) | Manos/racimo |
|---|---|---|
| AMIN® | 20.38 | 7.15 b |
| ALGAE® | 17.99 | 6.62 a |
| TESTIGO | 18.43 | 6.49 a |
| | p = 0.062 | p < 0.00 |

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes Tukey (p=0.05)

En la primera generación, con 95 % de confianza estadística, el peso de los racimos de las plantas tratadas con AMIN® fue mayor que el testigo sin aplicación; en la segunda, aunque se observó la misma tendencia, la significancia se redujo al 90 %. Asimismo, el distanciamiento de pecíolos (entrenudos) en las plantas tratadas con AMIN® fue significativamente mayor en comparación con el testigo en ambas generaciones, comportamiento que coincidió con la diferencia de pesos.

El análisis de factores mixtos no detectó diferencias significativas en el peso de racimo entre tratamientos al 95 % de confianza (valor p = 0.062). No obstante, se observó una tendencia a mayores valores, y al considerar un nivel de confianza del 90 %, el tratamiento con AMIN® presentó un mayor peso promedio de racimo respecto al testigo sin bioestimulante.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de esta evaluación, con confianza estadística del 95 %, se concluye que la aplicación de bioestimulante AMIN® en la primera generación incrementó el peso de racimos de *Musa* spp., cv. Gran Enano (kg $ha^{-1}$) respecto al testigo.

El análisis combinado del peso de racimo en ambas generaciones indica que, con un nivel de confianza del 90 %, la aplicación de AMIN® incrementó este parámetro en comparación con el testigo sin aplicación.

La aplicación de bioestimulantes AMIN® y ALGAE® mezclados con el fungicida mancozeb 62 SC en emulsión no afectaron el control de Sigatoka negra.

## REFERENCIAS

Colla G, Hoagland L, Ruzzi M, Cardarelli M, Bonini P, Canaguier R and Rouphael Y. 2017. Biostimulant action of protein hydrosylates: unraveling their effects on plant physiology and microbiome. Front. Plant Scicence 8, 2202.

Dixon PM, Moore K, van Santen E. 2018. The analysis of combined experiments. In Glaz B, Yeater K (Eds), Applied Statistics in Agricultural, Biological, and Environmental Sciences. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America 5585 Guilford Road, Madison, WI 53711-5801 USA.

Khan W, Rayirath UP, Subramanian S, Jithesh MN, Rayorath P, Hodges DM, Critchley AT, Craigie JS, Norrie, J and Prithiviraj B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. Journal Plant Growth Regulation 28(4), 386-99.