

Evaluación Agronómica de Florus® y Boost® en la Productividad y Calidad Fitosanitaria de Papaya (*Carica papaya* L.)

L.A. Sumuano-Barragán¹, F. Flores-García¹ y D.M. Garza-García^{2*}

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía.
Av. Francisco I. Madero S/N, Ex Hacienda el Canadá, 66050,
General Escobedo, N.L. México

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas
Av. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455

*Autor para correspondencia: misael.garzagr@uanl.edu.mx

Resumen

El presente estudio evalúa el impacto de bioestimulantes a base de microalgas sobre la fisiología reproductiva, sanidad vegetal y calidad del fruto en el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en condiciones tropicales de Tapachula, Chiapas. Frente a los desafíos del cambio climático y el uso excesivo de agroquímicos, los bioestimulantes FLORUS® y BOOST® —formulados por la empresa mexicana GEXUS®— fueron aplicados como alternativa sostenible. FLORUS® promueve la floración, mientras que BOOST® fortalece la resistencia sistémica adquirida (SAR, por sus siglas en inglés). El ensayo se condujo en una hectárea de papaya híbrida, con aplicaciones foliares quincenales de FLORUS® y BOOST® desde la prefloración hasta la cosecha, totalizando 14 y 18 aplicaciones respectivamente. Las variables evaluadas incluyeron el número y tipo de flores, el amarre de frutos, incidencia de enfermedades y calidad postcosecha. Los resultados demuestran que los bioestimulantes mejoraron la eficiencia reproductiva, redujeron la presencia de enfermedades y contribuyeron a una mejor sanidad y firmeza del fruto, evidenciando el potencial de las microalgas como herramienta clave en la agricultura resiliente y sostenible.

Palabras clave: Microalgas, bioestimulante, agricultura, papaya

Abstract

This study evaluates the impact of microalgae-based biostimulants on reproductive physiology, plant health, and fruit quality in papaya (*Carica papaya* L.) crops grown un-

der tropical conditions in Tapachula, Chiapas. Faced with the challenges of climate change and the excessive use of agrochemicals, the biostimulants FLORUS® and BOOST®—formulated by the Mexican company GEXUS®—were applied as a sustainable alternative. FLORUS® promotes flowering, while BOOST® strengthens systemic acquired resistance (SAR). The trial was conducted on one hectare of hybrid papaya, with biweekly foliar applications of FLORUS® and BOOST® from pre-flowering to harvest, totaling 14 and 18 applications, respectively. The variables evaluated included the number and type of flowers, fruit set, disease incidence, and post-harvest quality. The results demonstrate that the biostimulants improved reproductive efficiency, reduced disease incidence, and contributed to improved fruit health and firmness, highlighting the potential of microalgae as a key tool in resilient and sustainable agriculture.

Keywords: Microalgae, biostimulant, agriculture, papaya

Introducción

Uno de los principales desafíos de la agricultura contemporánea es asegurar la productividad de los cultivos sin comprometer los recursos naturales ni la salud del ecosistema. Este reto se vuelve aún más apremiante ante el impacto creciente del cambio climático, que intensifica los eventos extremos como sequías, altas temperaturas y brotes de enfermedades, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria global

(Malhi *et al.*, 2021). Aunado a esto, los sistemas agrícolas convencionales, basados en el uso intensivo de agroquímicos, están generando una degradación acelerada de los suelos, pérdida de biodiversidad microbiana y una creciente dependencia externa de insumos costosos (Mitra *et al.*, 2021).

En este contexto, el uso de bioestimulantes representa una alternativa prometedora para transitar hacia sistemas agrícolas más sostenibles, eficientes y resilientes. Dentro de esta categoría, los bioestimulantes formulados a partir de microalgas han demostrado un alto potencial debido a su contenido de compuestos bioactivos como aminoácidos, fitorreguladores, antioxidantes, polisacáridos y vitaminas, los cuales promueven el crecimiento vegetal, mejoran la fisiología del cultivo y fortalecen su resistencia frente a factores de estrés biótico y abiótico (Kapoore *et al.*, 2021). Su aplicación ha sido particularmente relevante en cultivos frutales de alto valor comercial, donde los efectos benéficos se reflejan en mayor floración, mejor amarre de frutos, reducción de enfermedades y mejor calidad postcosecha.

La papaya (*Carica papaya* L.) es uno de los cultivos tropicales más importantes en México, ocupando una posición estratégica tanto en el consumo nacional como en la exportación hacia mercados como Estados Unidos y Canadá. Estados como Chiapas, Oaxaca y Veracruz lideran la producción nacional, representando una fuente significativa de ingresos y empleo rural. Sin embargo, este cultivo enfrenta importantes desafíos fitosanitarios y ambientales, como la alta incidencia de enfermedades virales y fúngicas, así como la vulnerabilidad frente a las variaciones climáticas, lo que compromete la estabilidad de la producción (Vázquez *et al.*, 2023).

Ante este panorama, se plantea el uso de bioestimulantes a base de microalgas como una herramienta viable para mejorar la eficiencia productiva y la sanidad del cultivo de papaya, contribuyendo además a fortalecer su resiliencia frente a los efectos del cambio climático. En el presente estudio se evaluó el impacto de la aplicación de los bioestimulantes FLO-

RUS® y BOOST®, desarrollados por GEXUS®, empresa mexicana de agrobiotecnología especializada en el aprovechamiento de microalgas para el sector agrícola (Miranda *et al.*, 2024). El objetivo fue analizar su efecto en el desarrollo reproductivo, la sanidad vegetal y la calidad del fruto en un cultivo de papaya ubicado en el municipio de Tapachula, Chiapas, como parte de una estrategia orientada a migrar hacia prácticas agrícolas más sostenibles y resilientes.

Materiales y métodos

Localización

El presente ensayo se realizó en el rancho “Águiles Serdán”, ubicado en el municipio de Tapachula, Chiapas, México. La zona se caracteriza por un clima tropical húmedo con temperaturas que oscilan entre los 22 °C y 34 °C, y una temporada de lluvias marcada entre los meses de junio y octubre. El ciclo agrícola evaluado corresponde al segundo semestre del año 2022.

Datos del cultivo

El estudio se llevó a cabo en una superficie de 1 hectárea sembrada con papaya híbrida, utilizando un diseño de plantación convencional para la zona. El trasplante se realizó en condiciones de campo abierto con manejo agronómico estándar para el cultivo comercial de papaya.

Tratamiento

Los tratamientos consistieron en la aplicación foliar de dos productos desarrollados por GEXUS®: FLO-RUS® y BOOST®. FLORUS® es un bioestimulante diseñado para inducir e incrementar la calidad de la floración, mientras que BOOST® actúa como activador del sistema de resistencia sistémica adquirida (SAR, por sus siglas en inglés) y promotor del desarrollo fisiológico.

Ambos productos se aplicaron en solución foliar, mezclando 500 mL por hectárea en 200 litros de agua, a partir de la etapa de prefloración (40–45 días,

después del trasplante) y continuando hasta la etapa de cosecha (110-180 días, después del trasplante), con una frecuencia de aplicación quincenal.

El número de aplicaciones y el volumen total aplicado de FLORUS® fue de 14 ocasiones, con una dosis acumulada de 7 litros, mientras que BOOST® se aplicó en 18 ocasiones, alcanzando un volumen total de 9 litros.

Diseño experimental y toma de datos

Para la evaluación se seleccionaron de forma aleatoria plantas distribuidas en diferentes puntos de la hectárea tratada, con el fin de garantizar una representación homogénea del cultivo. Las mediciones agronómicas de floración y amarre se realizaron durante 17 semanas desde el 26 de junio hasta el 22 de octubre del 2023, las evaluaciones fitosanitarias se realizaron desde el 20 de diciembre del 2023 hasta el 20 de enero del 2024. Adicionalmente, el 20 de enero de 2024 se evaluó la calidad del fruto en postcosecha mediante la determinación del porcentaje de incidencia de antracnosis en una muestra aleatoria de 40 frutos.

Resultados y discusión

Parámetros fisiológicos del desarrollo reproductivo

Se establecieron como métricas clave para evaluar el desempeño fisiológico del cultivo la cantidad y calidad de las flores, la eficiencia en el amarre de frutos y la incidencia de anomalías reproductivas como flores abortadas, deformes o el fenómeno del "verano estéril".

En cuanto al desarrollo floral, el tratamiento con bioestimulantes promovió un incremento del 4.6% en el número total de flores por planta en comparación con el testigo. Además, se observó una reducción del 36% en la aparición de flores tipo "chilillo" (flores no viables) y una disminución del 15% en flores deformes, lo que sugiere una mejora en la expresión genética y hormonal del cultivo. Uno de los hallazgos más relevantes fue la reducción del 36% en la incidencia

del "verano estéril", fenómeno asociado a periodos de baja floración o pérdida de sincronía reproductiva (Tabla 1).

En la etapa de amarre, el tratamiento con bioestimulantes mostró un incremento del 19.2% en el número de frutos amarrados por planta, siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Este resultado destaca el efecto positivo de los bioestimulantes en el sostenimiento hormonal del fruto y su posible influencia en la translocación de fotoasimilados (Barreto *et al.* 2023).

Sanidad vegetal en planta

Para la sanidad en campo se consideraron la incidencia de enfermedades virales, deformaciones morfofisiológicas del follaje (peciolo curvos o rallados) y daños en el cogollo (arrepollamiento), tal como se muestra en la Figura 1.

En el tratamiento testigo se reportó el derribo de 7 plantas por afectación viral, mientras que en el tratamiento con GEXUS® no se registraron bajas atribuibles a virosis. Asimismo, la incidencia de peciolo curvos y/o rallados fue cinco veces menor en el tratamiento, registrándose únicamente 23 plantas afectadas frente a 119 en el testigo. Se observó también una reducción del 0.7% en el arrepollamiento del cogollo, indicativo de un mejor desarrollo apical y fisiología vegetal más estable (Tabla 2).

Estos resultados sugieren un efecto inmunomodulador de los bioestimulantes, posiblemente asociado a la activación de mecanismos de defensa inducida y mejora en la integridad celular bajo condiciones de estrés biótico (Berthon *et al.*, 2021).

Sanidad del fruto en planta y postcosecha

La incidencia de enfermedades en fruto fue evaluada tanto en campo como en etapa postcosecha. Durante el desarrollo en planta, el número promedio de frutos enfermos fue de 4.16 por planta en el tratamiento, frente a 5.25 frutos en el testigo a partir de una muestra de 80 plantas, diferencia que resultó estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

Tabla 1. Promedio del número de flores por planta de papaya, clasificado por tipo de flor.

No. Semana	Fecha	Testigo HP	Gexus HP	Testigo CH	Gexus CH	Testigo DF	Gexus DF	Testigo EV	Gexus EV	Testigo AB	Gexus AB
1	26 jun – 2 jul	0.68	0.58	0.08	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	2.15	2.30
2	03 – 09 jul	2.18	1.55	0.32	0.02	0.12	0.13	0.13	0.07	0.62	1.30
3	10 – 16 jul	1.68	1.28	0.00	0.00	0.38	0.23	0.10	0.02	0.50	1.28
4	17 – 23 jul	1.98	1.82	0.00	0.00	0.25	0.13	0.00	0.00	0.45	0.85
5	24 – 30 de jul	3.30	2.27	0.03	0.00	0.05	0.30	0.00	0.00	0.78	0.98
6	31 jul – 6 ago	3.03	3.27	0.00	0.05	0.08	0.10	0.00	0.00	2.00	0.40
7	07 – 13 ago	3.05	3.20	0.03	0.03	0.05	0.10	0.00	0.00	0.08	0.78
8	14 – 20 ago	1.83	1.93	0.00	0.07	0.40	0.03	0.00	0.00	0.08	1.45
9	21 – 27 ago	0.37	0.48	0.00	0.00	0.12	0.08	0.00	0.00	1.98	2.50
10	28 ago – 3 sep	0.63	0.92	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	2.52
11	4 – 10 sep	2.00	1.53	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	1.62	1.67
12	11 – 17 sep	2.35	1.38	0.00	0.00	0.35	0.35	0.00	0.00	1.35	1.85
13	18 – 24 sep	2.22	1.70	0.00	0.00	0.27	0.27	0.00	0.00	0.66	1.38
14	25 sep – 01 oct	3.67	3.07	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	1.00	1.22
15	02 – 08 oct	2.17	2.55	0.07	0.02	0.07	0.02	0.00	0.00	0.82	1.05
16	09 – 15 oct	2.97	2.33	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	1.25	2.38
17	16 – 22 oct	1.80	2.38	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	1.80	2.97

HP= Flores hermafroditas; CH = Chilillo; DF= deformes; EV = Estéril de verano y AB = Aborto

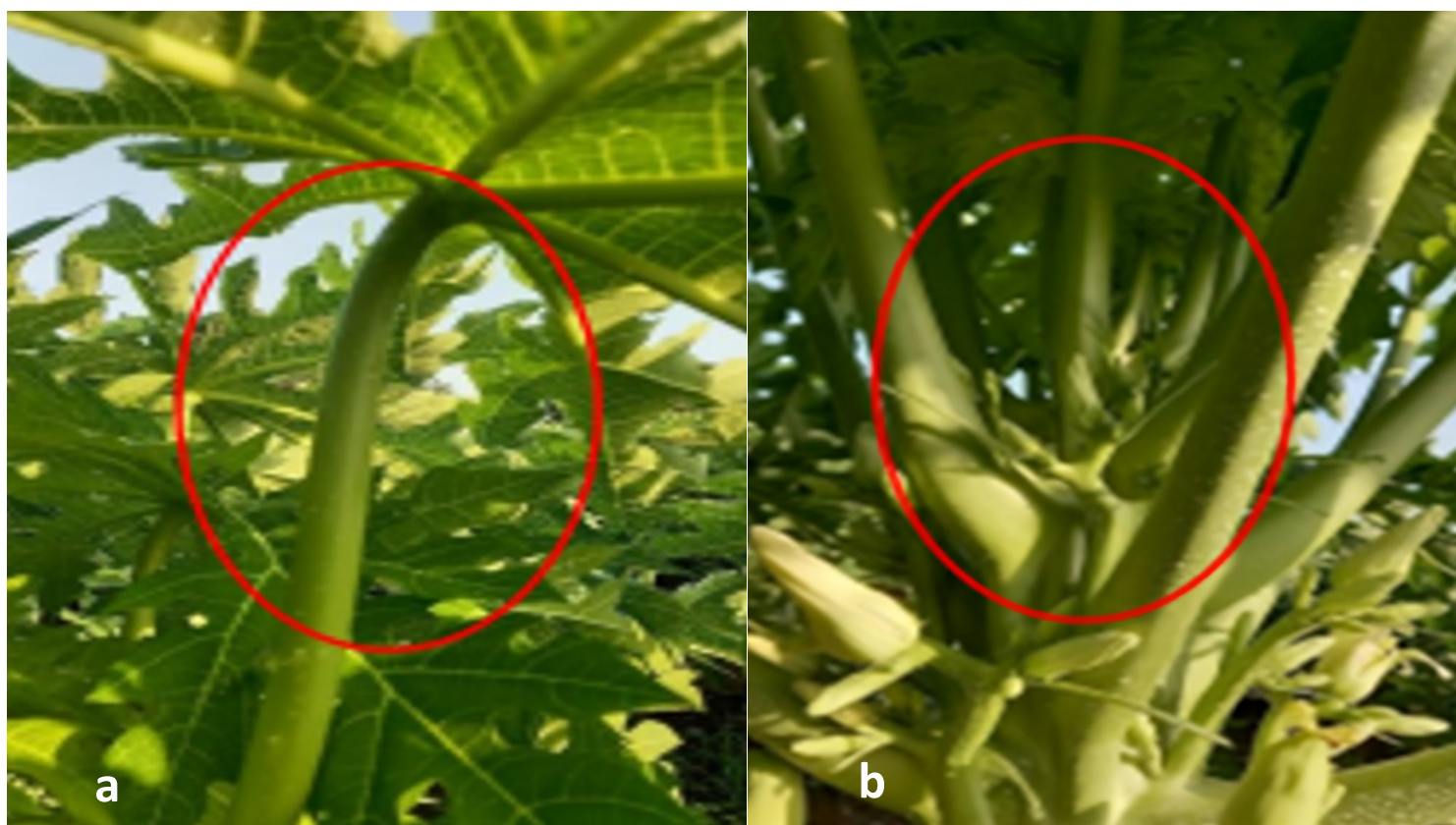


Figura 1. a) Peciolo curvo y b) Arrepollamiento del cogollo en planta de papaya

Tabla 2. Sanidad de las plantas.

Variable	GEXUS	Testigo
Firmeza	1.50	7.76
°Brix	10.00	10.30
% Frutos con antracnosis	0.26	0.33

En etapa postcosecha, particularmente en condiciones de alta humedad ambiental, se reportó una reducción del 15% en la incidencia de antracnosis en frutos provenientes del tratamiento con bioestimulantes. Esta disminución tiene un impacto directo en la reducción de mermas comerciales y mejora la vida útil del producto (Tabla 3).

Calidad física del fruto

Se incluyeron como variables de calidad el peso, volumen y densidad promedio del fruto cosechado. Si

bien el peso y volumen no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, la densidad del fruto fue mayor en el tratamiento con bioestimulantes, lo cual puede estar relacionado con un mayor contenido de sólidos solubles y mejor acumulación de materia seca, aspectos directamente vinculados a la firmeza, sabor y conservación del fruto. Estas características pueden estar promovidas por los metabolitos activos de las microalgas, que estimulan procesos como la fotosíntesis, el desarrollo radicular y la eficiencia en la asimilación de nutrientes, como ha sido reportado por autores como Braun & Colla (2023).

Varios estudios recientes respaldan el efecto positivo de los bioestimulantes a base de microalgas en cultivos tropicales y hortícolas, observando mejoras tanto en el vigor vegetativo como en la resistencia a enfermedades. Por ejemplo, Alfonso *et al.* (2024) reportaron que la aplicación foliar de microalgas en cultivos tropicales incrementó significativamente la floración y redujo la incidencia de virosis, mientras que Pérez-

Tabla 3. Sanidad del fruto en etapa postcosecha.

Síntoma	GEXUS	Testigo
Pecíolo curvo y/o rallado	1.50	7.76
Piel de rana	0.00	0.00
Arrepollamiento del cogollo; corte grillo	0.26	0.33
Flores y frutos aún sin cuajar sin presencia de hongos	0.00	0.00
Hongo en el follaje	0.00	0.00
Virosis	0.00	0.065

Madruga *et al.* (2020), destacaron su papel en la activación de rutas metabólicas asociadas al crecimiento y defensa vegetal. Estos hallazgos refuerzan la hipótesis de que los metabolitos activos presentes en las microalgas, como polisacáridos sulfatados, aminoácidos y compuestos fenólicos, estimulan rutas hormonales clave como las del ácido jasmónico y las auxinas, con efectos directos sobre la fisiología reproductiva y la integridad celular.

Conclusiones

Estos resultados evidencian que la aplicación de bioestimulantes a base de microalgas de GEXUS® contribuye significativamente a mejorar la eficiencia reproductiva, la sanidad vegetal y la calidad del fruto en el cultivo de papaya, sin efectos negativos sobre la productividad ni sobre los parámetros físicos del fruto. El aumento en el amarre de frutos, la reducción de enfermedades y la mejora en la densidad pueden atribuirse al efecto fisiológico de los metabolitos bioactivos de las microalgas, que promueven rutas hormonales clave, el fortalecimiento de paredes celulares y la activación de respuestas de defensa. La consistencia de los resultados positivos en variables fisiológicas, sanitarias y físicas refuerza el potencial del uso de bioestimulantes de microalgas como una estrategia sostenible para optimizar la producción y rentabilidad en frutales tropicales como la papaya.

Agradecimientos

Especial agradecimiento a la Doctora Vilma Castellanos Morales por su participación en la evaluación y recopilación de datos.

Referencias

Malhi, G.S., Kaur, M., & Kaushik, P. (2021). Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review. *Sustainability*, 13(3), 1318. <https://doi.org/10.3390/su13031318>

Mitra, B., Chowdhury, A.R., Dey, P., Hazra, K.K., Sinha, A.K., Hossain, A., & Meena, R.S. (2021). Use of Agrochemicals in Agriculture: Alarming Issues and Solutions. In *Input Use Efficiency for Food and Environmental Security* (pp. 85–122). Springer Nature Singapore.

Kapoor, R.V., Wood, E.E., & Llewellyn, C.A. (2021). Algae biostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices. *Biotechnology Advances*, 49(107754), 107754. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2021.107754>

Vázquez Alfaro, M., Cisneros Saguilán, P., Velasco Galeana, B. R., Hernández Bernardino, A.A., & Antonio Méndez, I. (2023). Social and Economic Analysis of the Production of Maradol Papaya (*Carica papaya* L.): Case study in the coast of Oaxaca, Mexico. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i4.2473>

Miranda, A.M., Hernandez-Tenorio, F., Villalta, F., Vargas, G.J., & Sáez, A.A. (2024). Advances in the development of biofertilizers and biostimulants from microalgae. *Biology*, 13(3), 199. <https://doi.org/10.3390/biology13030199>

Alfonso, E. T., Guerrero, Y.R., Padrón, J. R., & Sosa, Y.C. (2024). Las algas y sus usos en la agricultura. *Revista Cultivos Tropicales*. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1791>

Pérez-Madruga, Y., López-Padrón, I., & Reyes-Guerrero, Y. (2020). Las algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. *Cultivos Tropicales*, 41(2), e09. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n2/1819-4087-ctr-41-02-e09.pdf>

Barreto, G., Petry, C., Silveira, D., Trentin, T., Turmina, A.P., & Chiomento, J.L. (2023). Use of biostimulants in fruiting crops’ sustainable management – A narrative review. *Latin American Developments in Energy Engineering*, 4(1), 29–48. <https://doi.org/10.17981/ladee.04.01.2023.3>

Berthon, J.-Y., Michel, T., Wauquier, A., Joly, P., Gerbore, J., & Filaire, E. (2021). Seaweed and microalgae as major actors of blue biotechnology to achieve plant stimulation and pest and pathogen biocontrol – a review of the latest advances and future prospects. *The Journal of Agricultural Science*, 159(7–8), 523–534. <https://doi.org/10.1017/s0021859621000885>

Braun, J.C.A., & Colla, L.M. (2023). Use of microalgae for the development of biofertilizers and biostimulants. *Bioenergy Research*, 16(1), 289–310. <https://doi.org/10.1007/s12155-022-10456-8>

