

Efecto de Florus[®] y Boost[®] en la Productividad y Calidad del Cultivo de Naranja Valencia

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, 66455. San Nicolás de los Garza, N.L. México.

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

Resumen

Las microalgas son microorganismos fotosintéticos de gran interés biotecnológico debido a su capacidad para sintetizar compuestos de alto valor, como aminoácidos, polisacáridos, vitaminas, antioxidantes y promotores naturales del crecimiento vegetal. Este estudio evaluó el efecto de los bioestimulantes a base de microalgas FLORUS[®] y BOOST[®] en la productividad y calidad del fruto de la naranja Valencia (*Citrus sinensis*) en un huerto comercial ubicado en Linares, Nuevo León, México. Se aplicaron tres tratamientos con distintas combinaciones y concentraciones de los bioestimulantes, comparándose con un testigo sin tratamiento. Las variables evaluadas incluyeron el número total de frutos, el rendimiento estimado por hectárea, la tasa de aborto de frutos y el diámetro del fruto. Los resultados mostraron que la combinación FLORUS[®] + BOOST[®] en una proporción 2:1 incrementó el rendimiento en un 76% y redujo el aborto de frutos en un 75% en comparación con el testigo, sin afectar el tamaño final del fruto. Estos hallazgos sugieren que los metabolitos activos presentes en las microalgas influyen positivamente en los procesos reproductivos y fisiológicos del cultivo. La formulación combinada representa una estrategia biotecnológica prometedora para aumentar la eficiencia y sostenibilidad de la citricultura, especialmente en regiones afectadas por el estrés climático.

Palabras clave: Microalgas, bioestimulante, agricultura, Naranja

Abstract

Microalgae are photosynthetic microorganisms of great biotechnological interest due to their ability to synthesize

high-value compounds such as amino acids, polysaccharides, vitamins, antioxidants, and natural plant growth promoters. This study evaluated the effect of the microalgae-based biostimulants FLORUS[®] and BOOST[®] on the productivity and fruit quality of Valencia orange (*Citrus sinensis*) in a commercial orchard located in Linares, Nuevo León, Mexico. Three treatments with different combinations and concentrations of the biostimulants were applied and compared to an untreated control. Evaluated variables included total fruit count, estimated yield per hectare, fruit abortion rate, and fruit diameter. Results showed that the FLORUS[®] + BOOST[®] combination in a 2:1 ratio increased yield by 76% and reduced fruit abortion by 75% compared to the control, without affecting final fruit size. These findings suggest that the active metabolites in microalgae positively influence key physiological and reproductive processes in the crop. The combined formulation emerges as a promising biotechnological strategy to enhance the efficiency and sustainability of citrus production, especially in regions affected by climatic stress.

Key words: Microalgae, biostimulant, agriculture, orange

Introducción

Uno de los principales retos en la actualidad para la humanidad es garantizar la seguridad alimentaria. Se estima que para el año 2030, la hambruna podría agravarse debido a las condiciones climáticas extremas (Varzakas & Smaoui, 2024). Esta situación es aún más crítica debido a la creciente limitación de recur-

sos naturales disponibles para la producción agrícola. En los sistemas agrícolas convencionales, el uso intensivo de fertilizantes sintéticos para el incremento de los rendimientos agrícolas ya no representa una opción viable ambiental ni económica; debido a que el uso excesivo de fertilizantes genera daños sustanciales en la estructura fisicoquímica del suelo, disminución de las poblaciones de microorganismos benéficos, pérdida de fertilidad y acumulación de contaminantes como metales pesados (Pahalvi *et al.*, 2021). Ante este panorama, el uso de bioestimulantes se presenta como una alternativa innovadora para impulsar la productividad agrícola de forma más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Dentro de esta categoría, los bioestimulantes formulados a partir de microalgas sobresalen debido a su riqueza en compuestos bioactivos como aminoácidos, polisacáridos, fitorreguladores, vitaminas y antioxidantes, los cuales promueven una mejor floración y fortalecen a los cultivos frente a factores de estrés biótico y abiótico (González-Pérez *et al.*, 2021). Frente a este escenario, los bioestimulantes a base de microalgas surgen como una estrategia innovadora para incrementar la productividad agrícola de manera más limpia y sostenible.

Actualmente, la naranja Valencia representa uno de los cultivos de mayor importancia económica en México, especialmente en regiones como Veracruz, Nuevo León y Tamaulipas, siendo un pilar en la industria citrícola nacional tanto para consumo fresco como para exportación (Martínez-Jiménez *et al.*, 2020). No obstante, el cultivo enfrenta retos importantes relacionados con el cambio climático, el estrés hídrico, la presencia creciente de plagas y la degradación de los suelos. En el presente estudio se evaluó el impacto de la aplicación foliar de los bioestimulantes FLORUS® y BOOST®, desarrollados por GEXUS®, empresa de agrobiotecnología reconocida como líder en el uso y aplicación de microalgas en el sector agrícola (Miranda *et al.*, 2024). El objetivo fue analizar el efecto de estos bioestimulantes en el incremento del rendimiento de la naranja Valencia en el municipio

de Linares, Nuevo León, México, como una estrategia innovadora para fortalecer la productividad y la resiliencia del cultivo frente a los desafíos ambientales actuales.

Material y métodos

Localización

El presente estudio se llevó a cabo en la huerta “San José” ubicada en el municipio de Linares, Nuevo León, México. Esta región se sitúa en una zona de clima semiárido cálido, con veranos calurosos con temperaturas que llegan a superar los 40°C, mientras que en invierno las temperaturas llegan a descender a 5°C. La mayor parte de las lluvias ocurre entre junio y septiembre, generalmente en forma de tormentas breves e intensas, durante julio y agosto se presenta la canícula, un periodo especialmente caluroso y seco.

Las evaluaciones del ensayo se realizaron en tres fechas distintas: 16 de mayo, 17 de julio y 22 de septiembre del año 2024, con el objetivo de monitorear los efectos de los tratamientos en diferentes etapas del desarrollo del fruto.

Datos del cultivo

El ensayo se desarrolló en árboles de cítricos (*Citrus sinensis*) de la variedad valencia. Los árboles evaluados tienen una edad promedio de 15 años y una densidad de población de 357 árboles por hectárea.

Tratamiento

Los tratamientos consistieron en la aplicación de los productos FLORUS® y BOOST®, desarrollados por la empresa GEXUS®. FLORUS® es un inductor de floración, mientras que BOOST® es un activador del sistema de resistencia sistémica adquirida (SAR, por sus siglas en inglés), formulados a base de microalgas. La tabla 1 presenta la dosificación específica de cada tratamiento, así como la frecuencia de aplicación durante el ciclo evaluado.

Tabla 1. Tratamientos aplicados de los bioestimulantes a base de microalgas FLORUS® y BOOST®

Tratamiento	Fecha de aplicación	Dosis	Producto
Tratamiento 1	21 de febrero	1L/H	FLORUS®
	27 de marzo	1L/H	FLORUS®
	16 de junio	1L/H	BOOST®
	21 de febrero	1L/H	BOOST®
	27 de marzo	1L/H	BOOST®
Tratamiento 2	21 de febrero	1L/H	BOOST®
	27 de marzo	1L/H	BOOST®
	16 de junio	1L/H	BOOST®
Tratamiento 3	21 de febrero	1L/H	FLORUS®
	27 de marzo	1L/H	FLORUS®
	16 de junio	1L/H	BOOST®

Diseño experimental y toma de datos

Para la evaluación, se seleccionaron de forma aleatoria tres árboles por tratamiento, utilizando una distribución basada en números aleatorios con el fin de evitar sesgos. En cada árbol, las mediciones se realizaron en cuadrantes espaciales (Norte, Sur, Este y Oeste), cada uno con un tamaño de 1 m², considerando un árbol por cuadrante y una repetición. Esta distribución permitió reducir el sesgo asociado a la variabilidad espacial dentro del mismo árbol y obtener una representación integral del comportamiento de cada tratamiento en el árbol completo.

Evaluación de variables agronómicas

Se llevaron a cabo conteos del número total de frutos por árbol, así como mediciones del diámetro de fruto. Estas evaluaciones se realizaron manualmente con el apoyo de un flexómetro de bolsillo Truper®. Las mediciones por cuadrante fueron promediadas para obtener un valor representativo por árbol y tratamiento.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos del número de frutos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con el objetivo de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo. Para

identificar específicamente entre qué grupos existieron diferencias, se aplicó una prueba post-hoc de comparación múltiple Tukey HSD con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

Incremento en la fructificación

Los resultados presentados en la tabla 2 muestran el impacto en el número de frutos obtenidos a partir de la aplicación de los bioestimulantes a base de microalgas FLORUS® y BOOST® en las áreas tratadas (Figura 1).

Los tratamientos con los bioestimulantes mostraron un mayor número de frutos en todas las fechas de evaluación. En particular, el tratamiento 3 (2L FLORUS® + 1L BOOST®) presentó el promedio más alto con 162 frutos, frente a 94 frutos en promedio en el testigo, con una diferencia altamente significativa ($p = 0.001$), lo que representa un incremento del 76% respecto al testigo. Este incremento productivo fue consistente en las tres fechas de evaluación. Este aumento significativo sugiere que la combinación específica de ambos bioestimulantes a base de microalgas favorece la formación y desarrollo de frutos, posiblemente debido a una mejora en los procesos fisiológicos relacionados con la floración y el cuajado, así co-

Tabla 2. Número de frutos totales de cada tratamiento.

Fecha	Número de frutos del Tratamiento 1	Número de frutos del Tratamiento 2	Número de frutos del Tratamiento 3	Número de frutos del testigo
17 de mayo	121	138	163	99
24 de julio	114	135	161	92
25 de septiembre	114	134	161	91
Litros aplicados	3L de FLORUS© 2L de BOOST©	3L de BOOST©	2L FLORUS© 1L de BOOST©	0

mo a una mayor eficiencia en el uso de recursos (Colla & Rouphael, 2020).

En contraste con los demás tratamientos (Figura 2), el Tratamiento 2 (3L de BOOST©) registró un incremento del 47 % en el número de frutos, con un promedio de 136 frutos por planta. Por su parte, el Tratamiento 1 (3L de FLORUS© + 2L de BOOST©) mostró un aumento del 25%, alcanzando un promedio de 116 frutos. Además, el análisis de comparaciones múltiples (Tukey HSD) reveló diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo. Estos resultados sugieren que podría existir una proporción óptima en la combinación de ambos bioestimulantes.

La producción total del cultivo reflejó estos mismos patrones, para la estimación del tonelaje se estimó un peso promedio por fruto de 188g. En la tabla 3, se muestran los árboles tratados con la combinación de FLORUS© y BOOST© (Tratamiento 3) alcanzaron una producción de 10,805 kg por hectárea, superando en 76% al testigo (6,107 kg). Este resultado evidencia la sinergia entre ambos bioestimulantes a base de microalgas en la proporción 2:1, los cuales optimizan el rendimiento final del cultivo. Por su parte, el Trata-

miento 2 produjo 8,993 kg (47% más que el testigo) y el Tratamiento 1 alcanzó 7,651 kg (25% superior al testigo). López-Padrón y Martínez-González (2020) documentan que los bioestimulantes algales no solo incrementan el rendimiento, sino que contribuyen a la resiliencia del cultivo frente al estrés climático, lo que podría explicar el comportamiento observado en condiciones semiáridas presentes en el municipio de Linares, Nuevo León.

En cuanto al aborto de frutos, se observó que el Tratamiento 3 logró reducir este fenómeno en un 75% respecto al testigo, seguido por el Tratamiento 2 (50% menos aborto) y el Tratamiento 1 (12.5% menos aborto). Esta reducción en el aborto de frutos puede estar asociada a una mejor distribución de recursos hacia los órganos reproductivos y a una mayor resistencia al estrés ambiental durante las etapas críticas de desarrollo.

El tratamiento 3 ha demostrado ser el más efectivo para mejorar sustancialmente el rendimiento del cultivo evaluado. El aumento del 76% en la producción total, junto con la reducción del 75% en el aborto de frutos, sugiere que la combinación de FLORUS© y



Figura 1. Vista aérea de las áreas de aplicación foliar; (a) tratamiento 1; (b) tratamiento 2 y (c) tratamiento 3

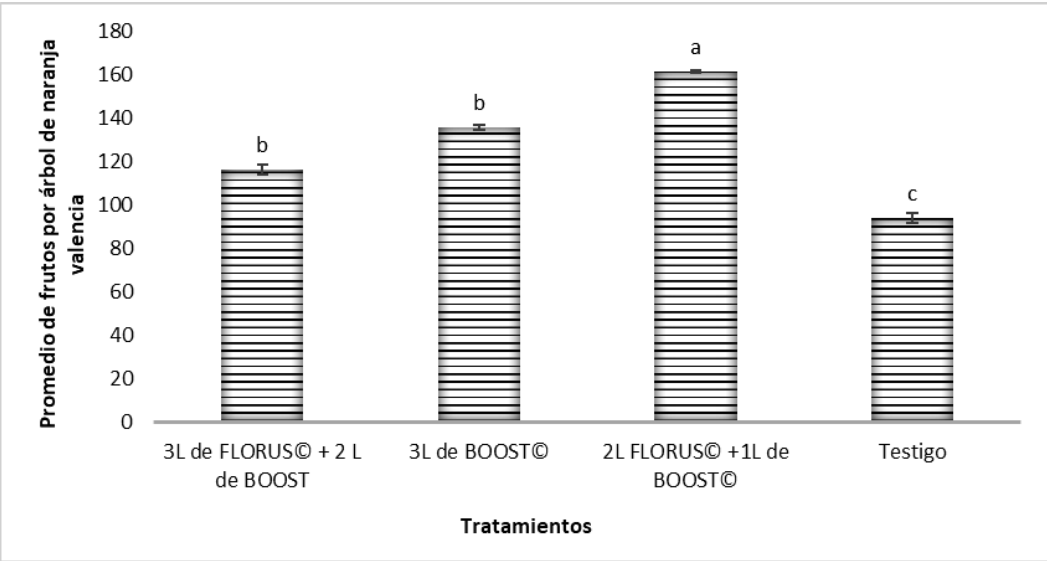


Figura 2. Efecto de los tratamientos con bioestimulantes a base de microalgas sobre el número promedio de frutos por árbol en naranja valencia.

BOOST® así como su respectiva dosificación puede ser una herramienta valiosa para los agricultores que buscan maximizar la productividad de sus cultivos. La consistencia de estos resultados a lo largo del ciclo de evaluación (de mayo a septiembre) refuerza la confiabilidad de los tratamientos. Estos hallazgos son concordantes con investigaciones previas que han demostrado la capacidad de los bioestimulantes a base de microalgas para mejorar los parámetros productivos en diversos cultivos (Prisa & Spagnuolo, 2023; Ronga *et al.*, 2019).

Los resultados evidencian que la aplicación adecuada de bioestimulantes, en las proporciones correctas, puede ser una estrategia efectiva para aumentar la productividad agrícola (Bello *et al.*, 2021). La ligera diferencia en efectividad entre los tratamientos no evidencia un impacto negativo significativo y puede ser considerada dentro de las variaciones normales

de respuesta a los bioestimulantes.

Los resultados obtenidos relacionados al diámetro de los frutos presentan un comportamiento particular cuando se comparan con los marcados efectos observados en los parámetros de producción (tabla 4).

A lo largo del ciclo de evaluación, no se detectaron diferencias significativas en el diámetro entre los distintos tratamientos y el testigo. Durante la primera medición realizada el

16 de mayo, se registraron variaciones menores entre los tratamientos, siendo de 2.15 cm para el Tratamiento 1 y de 1.78 cm para el testigo. Sin embargo, estas diferencias iniciales se fueron atenuando progresivamente a medida que avanzó el ciclo del cultivo, hasta alcanzar valores prácticamente equivalentes en la cosecha final del 23 de septiembre, donde todos los tratamientos mostraron diámetros similares que oscilaron entre 6.73 y 6.88 cm.

La ausencia de variaciones significativas en el diámetro de los frutos sugiere que el mecanismo de acción de los bioestimulantes FLORUS® y BOOST® evaluados se encuentra más relacionado con la mejora de los parámetros reproductivos, como el número de frutos, que con la modificación de características morfológicas como el tamaño.

Finalmente, desde el punto de vista agronómico, estos resultados son relevantes porque indican que la

Tabla 3. Predicción de cosecha de cada uno de los tratamientos.

Fecha	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Testigo
Total	7,651 kg	8,993 kg	10,805 kg	6,107 kg
Litros aplicados	3L de FLORUS® 2L de BOOST®	3L de BOOST®	2L FLORUS® 1L de BOOST®	0

Tabla 4. Diámetro del fruto de cada uno de los tres tratamientos.

Fecha	Diámetro del Tratamiento 1	Diámetro del Tratamiento 2	Diámetro del tratamiento 3	Diámetro del testigo
16 de mayo	2.15 cm	1.45 cm	2.0 cm	1.78 cm
17 de julio	4.55 cm	4.7 cm	4.8 cm	4.73 cm
23 de septiembre	6.73 cm	6.88 cm	6.78 cm	6.85 cm

calidad comercial de los frutos, asociada a su tamaño, se mantiene constante independientemente del tratamiento aplicado, lo que garantiza la uniformidad del producto final mientras se obtienen mejoras significativas en otros aspectos del rendimiento.

Conclusiones

Los resultados de este estudio evidencian que la aplicación conjunta de bioestimulantes a base de microalgas FLORUS® y BOOST® en una proporción 2:1 representa una estrategia agronómica eficaz para incrementar significativamente la productividad de la naranja Valencia bajo condiciones semiáridas. El tratamiento combinado logró un aumento del 76% en la producción total de frutos y una reducción del 75% en el aborto, sin comprometer el diámetro final del fruto. Este efecto sinérgico podría estar relacionado con la acción conjunta de fitohormonas, aminoácidos y compuestos bioactivos presentes en los extractos de microalgas, que favorecen procesos clave como la floración, el cuajado y la resistencia al estrés ambiental. La estabilidad de estos resultados a lo largo del ciclo productivo resalta el valor de los bioestimulantes como herramientas sostenibles en citricultura.

Agradecimientos

Especial agradecimiento al Ingeniero Agrónomo Fito-tecnista Mario Alberto Vasquez Flores perteneciente al Fondo de aseguramiento agrícola Citricultores de Nuevo León por su participación en la evaluación y recopilación de datos.

Referencias

- Varzakas, T., & Smaoui, S. (2024). Global food security and sustainability issues: The road to 2030 from nutrition and sustainable healthy diets to food systems change, *Foods* (Basel, Switzerland), 13(2). <https://doi.org/10.3390/foods13020306>
- Pahalvi, H. N., Rafiya, L., Rashid, S., Nisar, B., & Kamili, A.N. (2021). Chemical fertilizers and their impact on soil health. In *Microbiota and Biofertilizers*, Vol 2 (pp. 1–20). Springer International Publishing.
- González-Pérez, B.K., Rivas-Castillo, A.M., Valdez-Calderón, A., & Gayosso-Morales, M.A. (2021). Microalgae as biostimulants: a new approach in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s11274-021-03192-2>
- Martínez-Jiménez, A., García-Salazar, J. A., García-de los Santos, G., Ramírez-Valverde, G., Mora-Flores, J.S., & Matus-Gardea, J.A. (2020). Control de la Oferta de Naranja en México como Mecanismo para Controlar Volatilidad de Precios. *Revista Fito-tecnia Mexicana*, 43(2), 223. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.2.223>
- López-Padrón, I., & Martínez-González, L. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura: una visión actualizada. *Cultivos Tropicales*, 41(2), e10.
- 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>
- Colla, G., & Rouphael, Y. (2020). Microalgae: New source of plant biostimulants. *Agronomy* (Basel, Switzerland), 10(9), 1240. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091240>
- Prisa, D., & Spagnuolo, D. (2023). Plant production with microalgal biostimulants. *Horticulturae*, 9(7), 829. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070829>
- Ronga, D., Biazzi, E., Parati, K., Carminati, D., Carminati, E., & Tava, A. (2019). Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions. *Agronomy* (Basel, Switzerland), 9(4), 192. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040192>
- Bello, A. S., Saadaoui, I., & Ben-Hamadou, R. (2021). “beyond the source of bioenergy”: Microalgae in modern agriculture as a biostimulant, biofertilizer, and anti-antibiotic stress. *Agronomy* (Basel, Switzerland), 11(8), 1610. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081610>