

# Efecto de los Bioestimulantes Fitomaxi<sup>®</sup> a base de Microalgas en la Floración y Amarre en Cultivo de Chile variedad Mixteco

J.G. Uresti-Porras<sup>1</sup>, L.A. Sumuano-Barragán<sup>1</sup>, F. Flores-García<sup>2</sup> y D.M. Garza-García<sup>2\*</sup>

Universidad Autónoma de Nuevo León,

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía. Av. Francisco I. Madero S/N, Ex Hacienda el Canada, 66050, General Escobedo, N.L. México

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Biológicas

Av. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. México. 66455.

\* misael.garzagr@uanl.edu.mx

## Resumen

El uso de bioestimulantes a base de microalgas es una estrategia novedosa que permite incrementar la producción agrícola de forma sostenible, además contribuye a una agricultura más resiliente. Las microalgas y cianobacterias son microorganismos que han tenido gran relevancia en la agricultura en los últimos años, debido a su amplia variedad de compuestos de alto valor como aminoácidos, vitaminas, antioxidantes, fitorreguladores, enzimas y lípidos que coadyuvan a un mejor desarrollo y fortalecen a los cultivos frente a las distintas condiciones de estrés biótico y abiótico. El cultivo de chile en México es una actividad económica importante y un alimento esencial en la dieta de los mexicanos. A pesar de su gran importancia en la economía y en la gastronomía, presenta diversos retos asociados a factores climáticos y pérdida de la capacidad productiva de los suelos, ocasionando importantes pérdidas que disminuyen de manera considerable su productividad. La inclusión de bioestimulantes basados en microalgas y cianobacterias en el sistema de producción agrícola representa una estrategia innovadora y sostenible para el incremento de la producción agrícola y que contribuir a un sistema agroalimentario más resiliente y productivo.

**Palabras clave:** Microalgas, cianobacterias, bioestimulante, agricultura, chile.

## Abstract

The use of biostimulants based on microalgae is a novel strategy that allows increasing agricultural production in a sustainable way, and also contributes to more resilient agriculture. Microalgae and cyanobacteria are microorganisms that have had great relevance in agriculture in recent years, due to their wide variety of high-value compounds such as amino acids, vitamins, antioxidants, phytochemicals, enzymes and lipids that contribute to better development and strengthen crops against different biotic and abiotic stress conditions. The cultivation of chili in Mexico is an important economic activity and an essential food in the diet of Mexicans. Despite its great importance in the economy and gastronomy, it presents various challenges associated with climatic factors and loss of the productive capacity of the soil, causing significant losses that considerably reduce its productivity. The inclusion of biostimulants based on microalgae and cyanobacteria in the agricultural production system represents an innovative and sustainable strategy for increasing agricultural production and contributing to a more resilient and productive agri-food system.

**Keywords:** Microalgae, cyanobacteria, biostimulant, agriculture, chile.

## Introducción

La agricultura moderna enfrenta grandes desafíos, principalmente relacionados al aumento de la demanda de alimentos de mejor calidad y en contra parte un incremento en pérdidas agrícolas causados por factores bióticos y abióticos, así como resultado de la alteración de los ecosistemas naturales, a pesar de la tendencia global en reducir el uso de fertilizantes sintéticos debido a los problemas medioambientales asociados, su uso sigue siendo amplio y en la mayoría de los casos indiscriminado. Así mismo, la agricultura moderna se ha visto obligada a reconsiderar sus estrategias integrando nuevas prácticas, así como agrotecnologías más sostenibles que ofrezcan rendimientos sostenidos y confiables (Frioni *et al.*, 2018). Con base en las estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la demanda global de alimentos aumentará un 50% para 2029 (Chittora *et al.*, 2020). Por lo que uno de los objetivos principales es mejorar el rendimiento de los cultivos actuales para satisfacer la creciente demanda de alimentos.

Recientemente, las microalgas y cianobacterias han tenido gran relevancia por su capacidad de generar efectos elicitors, favorecer un mayor crecimiento, así como en el fortalecimiento en las defensas del cultivo frente a condiciones de estrés causado por factores bióticos. Las microalgas y cianobacterias poseen compuestos como aminoácidos, polisacáridos, vitaminas, antioxidantes, lípidos y enzimas que poseen un impacto positivo en la fisiología vegetal y favorecen una mejor respuesta del cultivo ante diversos factores de estrés (Shedeed *et al.*, 2022).

Así mismo, por su amplia y alta composición de compuestos los bioestimulantes a base de *Spirulina* spp poseen diversos efectos positivos, principalmente sobre la fisiología de la planta al mejorar la permeabilidad de la pared celular, aumento de la absorción de nutrientes, incremento de la clorofila y macromoléculas e indirectamente poseen efectos sobre la calidad química, física y microbiana del suelo. Las aplica-

ciones vía foliar y suelo actúan en sinergia favoreciendo un mejor y mayor desarrollo en la planta (Mógor *et al.*, 2018).

La empresa de agrobiotecnología GEXUS© con sede en el Estado de Nuevo León, México, busca suplir esta necesidad de nuevas agrotecnologías que permitan producir de manera más eficiente y sostenible. Así mismo, GEXUS© ha desarrollado tras una década de investigación y desarrollo una gama de bioestimulantes de última generación diseñados con tecnología exclusiva a base de microalgas para cada etapa fenológica del cultivo (Miranda *et al.*, 2024). Por consiguiente, México es líder en la producción de chile verde con una producción estimada para el 2023 de un millón 237 mil toneladas con una superficie estimada de siembra en el 2022 de 165 mil 226 hectáreas. Siendo los estados de Sinaloa, Chihuahua y Zacatecas con cerca del 60% del volumen de producción (SIAP, 2022). A pesar de que representa una importante contribución en el mercado mexicano de hortalizas, presenta importantes retos asociados a la productividad asociado a factores climáticos extremos, mayor prevalencia de plagas y disminución de la capacidad productiva de los suelos. En este estudio se evaluó los resultados de las aplicaciones de tres bioestimulantes FLORUS©, BOOST© y RADIX© de la empresa GEXUS© con la finalidad de incrementar la productividad en cultivos de chile variedad mixteco en el municipio de Santiago, Nuevo León, México.

## Material y métodos

### Localización

El presente estudio se realizó en la localidad de “Las Lajitas” ubicada en el municipio de Santiago Nuevo León, México. El inicio de las evaluaciones fue el 26 de marzo del 2024 y culminó el 14 de junio del 2024. La ubicación del área de estudio presenta una altitud de 460 msnm, una temperatura máxima promedio de 33°C y una temperatura mínima promedio de 10° C, el suelo que predomina en la región es franco-

arcilloso.

#### Datos del cultivo

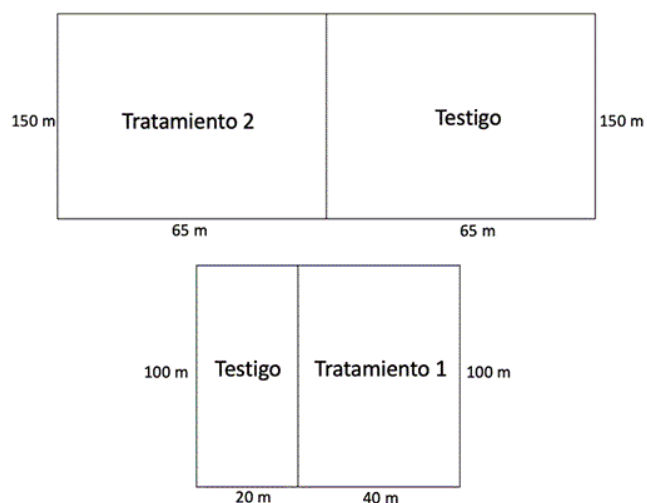
Cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) variedad mixteca, establecido por siembra indirecta (trasplante) el día 20 de febrero del 2024, con una distancia entre plantas de 30 centímetros y distancia entre surcos de 1.50 metros, una densidad de población de 40,000 plantas por hectárea, se utilizó acolchado color blanco en todos los surcos.

#### Tratamiento

En la Figura 1 se muestra las áreas de tratamiento y testigo. Se realizó una doble repetición del tratamiento incorporando los bioestimulantes de la marca FLORUS<sup>®</sup>, BOOST<sup>®</sup> y RADIX<sup>®</sup> de la empresa GEXUS<sup>®</sup> (Tabla 1).

#### Toma de variables

El cultivo de chile jalapeño se encuentra distribuido en surcos en los cuales se realizó la toma de muestras en lugares representativos, seleccionando puntos de muestreo en las partes centrales de los tratamientos (surcos) para así evitar interacciones con algún factor biótico o abiótico externo que pudiera interferir con las mediciones del tratamiento y los testigos (Figura 1). Así mismo, se empleó el diseño



**Figura 1. Croquis del cultivo en campo, se muestra la distribución de los tratamientos y el área de cada tratamiento.**

de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con una comparación de medias por la Prueba de Tukey para el análisis comparativo.

#### Número de flores por planta

Para determinar que el cultivo se encontraba en la etapa de floración se realizó una evaluación para determinar que más de un 60% de la población presentara floración el día 13 de abril del 2024. Para la toma de muestras se eligieron 16 plantas representati-

**Tabla 1. Frecuencia y aplicaciones de los bioestimulantes a base de microalgas de la empresa GEXUS<sup>®</sup>**

Marca	Función	Dosis	Frecuencia	Aplicación
FLORUS <sup>®</sup>	Ofrece una solución nutritiva a base de microalgas enriquecida con Boro-Molibdeno-Silicio, la cual favorece un efecto intensivo en las etapas pre-floración y la floración. Previene el aborto de flores y optimiza los procesos fisiológicos permitiendo una mayor asimilación de nutrientes.	0.5L	3 aplicaciones quincenales	Foliar
BOOST <sup>®</sup>	Activa los sistemas naturales de defensa, favoreciendo una mayor resistencia ante ataque de fitopatógenos. Así mismo, coadyuva y acelera el proceso de recuperación ocasionado por efectos de estrés biótico y abiótico, permitiendo restaurar la homeostasis celular y por ende restablecer la fisiología.	0.5L	3 aplicaciones quincenales	Foliar
RADIX <sup>®</sup>	Coadyuva al desarrollo y fortalecimiento del sistema radicular a través de una solución nutritiva balanceada con macro y micronutrientes, integrando una alta concentración de compuestos bioactivos. Posee actividad con acción inhibitoria de patógenos en el sistema radicular y fortalecimiento de los sistemas de defensa de las plantas.	0.5L	2 aplicaciones quincenales	Suelo

vas por tratamiento las cuales fueron marcadas con un listón, posteriormente para cada una de ellas se contabilizaron las flores maduras. Las características para considerar una flor completamente madura se basan en una coloración blanca o blanco amarillenta, con cinco a siete dientes y anteras con polen.

#### Número de frutos amarrados

Las 16 plantas previamente marcadas para la evaluación de la floración fueron nuevamente utilizadas para contabilizar el número de frutos amarrados. La medición se realizó el día 23 de abril del 2024. Para efectos de un mejor resultado se descartó todo aquel fruto mayor a 5 milímetros.

#### Medición de largo y peso de fruto

Se realizó la medición de las variables largo y peso de los chiles utilizando una muestra de 12 plantas para cada tratamiento seleccionadas de manera aleatoria. La medición del largo del chile se realizó 12 días después del conteo de frutos amarrados. Se empleó un flexómetro de la marca PRETUL® para la medición del largo del fruto. Se seleccionaron chiles con una medida mínima de 7 centímetros de largo. Posteriormente, se midió la variable peso empleando una báscula portátil de la marca MESVIER®.

## Resultados y discusión

#### Número de flores

La Tabla 2 presenta los resultados de la comparación de medias para la variable número de flores en cultivos de chile tratados con los bioestimulantes a base de microalgas previamente descritos en la tabla 1. Los resultados muestran que el tratamiento T1 tuvo la media más alta con 11.88 flores, seguido por T2 con 10.63 flores. Los tratamientos testigo; Testigo 1 y Testigo 2, tuvieron medias significativamente menores, con 9.81 y 9.25 flores, respectivamente. Con base a las pruebas estadísticas, T1 mostró una diferencia significativa en comparación con los tratamientos testigo, mientras que T2 no fue significativamente diferente de T1, pero sí mostró una diferencia inter-

**Tabla 2. Comparación de medias para la variable número de flores.**

Tratamiento	Medias
T1	11.88 a
T2	10.63 ab
Testigo 1	9.81 b
Testigo 2	9.25 b

media con los testigos. El tratamiento T1, con la media más alta de 11.88 flores, sugiere una alta eficacia de los bioestimulantes a base de microalgas en la promoción de la floración en cultivos de chile. La menor respuesta observada en T2, aunque aún superior a los testigos, indica que hay factores adicionales que pueden estar modulando la efectividad del bioestimulante, tales como la uniformidad en la aplicación y las condiciones ambientales. Los tratamientos testigos, que no recibieron el bioestimulante, mostraron significativamente menos flores, lo que confirma el impacto positivo de las microalgas como bioestimulante en el aumento de la floración (Figura 1). Estos resultados son consistentes con la literatura existente que documenta los efectos positivos de los bioestimulantes a base de microalgas en la promoción del crecimiento y la floración de las plantas. Por ejemplo, el estudio de Rachidi *et al.* (2020), encontraron que los bioestimulantes a base de microalgas incrementan significativamente el número de flores en cultivos hortícolas.

#### Amarre de frutos

La Tabla 3 presenta los resultados de la comparación de medias para la variable amarre de frutos en cultivos de chile tratados con la aplicación de los bioestimulantes a base de microalgas. Los tratamientos T1 y T2, que recibieron la misma dosis y frecuencia del

**Tabla 3. Comparación de medias para la variable amarre de frutos.**

Tratamiento	Medias
T1	10.25 a
T2	10.25 a
Testigo 1	8.00 b
Testigo 2	6.0 c

bioestimulante, mostraron medias iguales de 10.25 frutos. Por otro lado, los tratamientos Testigo 1 y Testigo 2, que no recibieron la aplicación de los bioestimulantes, presentaron medias de 8.00 y 6.0 de frutos amarrados, respectivamente. Los análisis estadísticos indican que T1 y T2 son significativamente diferentes de los testigos, con Testigo 1 siendo significativamente mejor que Testigo 2 (Figura 2).

El hecho de que T1 y T2, ambos con la misma dosis del bioestimulante, presenten las mismas medias de amarre de frutos (10.25), sugiere una alta eficacia del bioestimulante en la promoción de amarre. Los tratamientos testigo, que no recibieron el bioestimulante, mostraron significativamente menor amarre, confirmando el impacto positivo de la bioestimulación a base de microalgas. La diferencia significativa entre los testigos (Testigo 1 y Testigo 2) también indica variaciones en las condiciones del campo o en otros factores ambientales que pueden influir en el amarre de frutos. Estos resultados son congruentes con la literatura existente que documenta los efectos beneficiosos de los bioestimulantes a base de microalgas en la mejora del amarre de frutos en diversas especies de plantas. Estudios previos, (Yanni *et al.*, 2020; Godleswska *et al.*, 2019) encontraron que el uso de bioestimulantes de microalgas mejora significativamente el rendimiento de frutos en cultivos hortíco-



Figura 2. Contabilización de frutos amarrados por planta.

las.

#### Medición de las variables largo y peso de fruto

La Tabla 4 presenta los resultados de la comparación de medias para la variable peso en cultivos tratados con los bioestimulantes a base de microalgas aplicados foliarmente. Los tratamientos T1 y T2, que recibieron la misma dosis y frecuencia del bioestimulante, presentaron medias de 52.45 g y 47.25 g, respectivamente (Figura 3). Por otro lado, los tratamientos Testigo 2 y Testigo 1, que no recibieron el bioestimulante, mostraron medias de 45.38 g y 39.51 g, respectivamente. Los análisis estadísticos revelaron que T1 es significativamente diferente de los testigos y de T2, mientras que T2 mostró una media significativamente mayor que Testigo 1 pero no significativamente diferente de Testigo 2.

El tratamiento T1, con la media más alta de 52.45 g por chile, sugiere una alta eficacia de la bioestimulación en la promoción del peso de los frutos en cultivos de chile. La menor, pero aún significativa respuesta de T2 (47.25 g) indica que, aunque ambos tratamientos recibieron la misma dosis y frecuencia del bioestimulante, pueden existir factores adicionales que influyen en la variabilidad de los resultados, como diferencias en la absorción del producto o condiciones ambientales específicas de cada parcela. Los tratamientos testigo, que no recibieron la bioestimulación, presentaron significativamente menos peso en los frutos, lo que confirma el impacto positivo de las microalgas como bioestimulante.

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la variable de largo de chiles. Los tratamientos T1 y T2 recibieron la misma dosis y frecuencia de los bioestimu-

Tabla 4. Comparación de medias para la variable largo de chiles.

Tratamiento	Medias
T1	9.49 a
T2	9.30 a
Testigo 2	8.72 b
Testigo 1	8.64 b





**Figura 3. Contabilización de flores maduras.**

lantes a base de microalgas, mientras que los testigos no recibieron ningún tratamiento. Las medias obtenidas para el largo del fruto fueron 9.49cm para T1 y 9.30 cm para T2, mientras que los tratamientos testigo; Testigo 2 y Testigo 1, mostraron medias de 8.72 cm y 8.64 cm, respectivamente. Los análisis estadísticos indican que T1 y T2 son significativamente diferentes de los testigos, pero no entre sí. El tratamiento T1, con una media de 9.49 cm, y el tratamiento T2, con una media de 9.30 cm, demuestran la efectividad de la bioestimulación en incrementar la longitud del fruto en comparación con los testigos (8.72 y 8.64 cm). La diferencia significativa entre los tratamientos y los testigos indica que los bioestimulantes empleados en el tratamiento a base de microalgas tiene un impacto positivo en el rendimiento del cultivo de chile. La ausencia de diferencias significativas entre T1 y T2 sugiere que la misma dosis y frecuencia del bioestimulante produce resultados con-

sistentes y efectivos. Estos resultados concuerdan con estudios previos que han demostrado los beneficios de los bioestimulantes a base de microalgas en el aumento del rendimiento y calidad de los cultivos. Investigaciones como la Morsy (2019) han documentado aumentos significativos en la productividad tras la aplicación de bioestimulantes a base de microalgas.

### Conclusiones

Los resultados de este estudio demuestran que la aplicación foliar de bioestimulantes a base de microalgas en cultivos de chile puede incrementar significativamente el número de flores y el peso de los frutos, en comparación con los cultivos que no recibieron dicho tratamiento. Estos hallazgos sugieren que los bioestimulantes a base de microalgas no solo pueden mejorar el rendimiento del cultivo de chile al aumentar el número de flores y el peso de los frutos, sino que también pueden contribuir a una agricultura más sostenible. Los bioestimulantes de microalgas son una alternativa prometedora a los fertilizantes químicos tradicionales, ya que pueden mejorar la eficiencia del uso de nutrientes, estimular el crecimiento de las plantas y aumentar la resistencia al estrés ambiental.

El uso de bioestimulantes a base de microalgas puede reducir la necesidad de fertilizantes químicos y pesticidas, disminuyendo así el impacto ambiental de las prácticas agrícolas. Esto no solo mejora la sostenibilidad de los cultivos, sino que también puede aumentar la rentabilidad para los agricultores al reducir los costos de insumos y mejorar la calidad y cantidad

**Tabla 5. Comparación de medias para la variable peso de chiles.**

Tratamiento	Medias
T1	52.45 a
T2	47.25 ab
Testigo 2	45.38 bc
Testigo 1	39.51 c



**Figura 4. Medición de variables largo y peso del fruto.**

de la producción.

### Referencias

Chittora D, Meena M, Barupal T *et al.* (2020). Cyanobacteria as a source of biofertilizers for sustainable agriculture. *Biochem Biophys Rep* 22:100737. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2020.100737>.

Frioni T, Sabbatini P, Tombesi S, Norrie J, Poni S, Gatti M, Palliotti, A. (2018). Effects of a biostimulant derived from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on ripening dynamics and fruit quality of grapevines. *Sci. Hort.*, 232, 97–106.

Godlewska K, Michalak I, Pacyga P *et al.* (2019). Potential applications of cyanobacteria: *Spirulina platensis* filtrates and homogenates in agriculture. *World J Microbiol Biotechnol* 35:1–18. <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2653-6>

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, 199.

Mógor ÁF, de Amatussi J, O, Mógor G, Lara GB de. (2018). Bioactivity of cyanobacterial biomass related to amino acids induces growth and metabolic changes on seedlings

and yield gains of organic red beet. *Am J Plant Sci* 09:966.

Morsy N. (2019). Productivity and quality of kohlrabi grown in a newly reclaimed sandy soil using organic and mineral-n fertilizer regimes with or without spraying of *Spirulina platensis* extract. *Egypt J Hortic* 46:169–178. <https://doi.org/10.21608/ejoh.12503.1105>.

Rachidi F, Benhima R, Sbabou L, El Arroussi H. (2020). Microalgae polysaccharides bio-stimulating effect on tomato plants: Growth and metabolic distribution. *Biotechnol Rep* 25: e00426. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.1016/j.btre.e00426>

Shedeed ZA, Gheda S, Elsanadily S *et al.* (2022). *Spirulina platensis* biofertilization for enhancing growth, photosynthetic capacity and yield of *Lupinus luteus*. *Agriculture* 12:781.

SIAP. Enlace de acceso: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-entre-los-principales-productores-de-chile-verde-en-el-mundo-agricultura?idiom=es#:~:text=M%C3%A9xico%20es%20un%20pa%C3%ADs%20que%20produce%20chile%20verde,de%20Agricultura%20y%20Desarrollo%20Rural>. (Fecha de consulta: 10/06/2024)

Yanni YG, Elashmouny AA, Elsadany AY. (2020). Differential response of cotton growth, yield and fiber quality to foliar application of *Spirulina platensis* and urea fertilizer. *Asian J Adv Agric Res* 12:29–40. <https://doi.org/10.21608/ajar.12503.1105>.