

## Influencia del extracto de *Sargassum* spp. sobre la germinación y actividad antioxidante de plántulas de tomate

Melisa Concepción Hermosillo-Alba<sup>1</sup>

Oscar Sariñana-Aldaco<sup>2</sup>

Reyna Roxana Guillen-Enriquez<sup>3</sup>

Oscar Silva-Marrufo<sup>4</sup>

Dora Ma. Sangerman-Jarquín<sup>5</sup>

Pablo Preciado-Rangel<sup>1,5</sup>

1 Campus Instituto Tecnológico de Torreón-Tecnológico Nacional de México. Antigua Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila, México.

2 Facultad de Ciencias Agrotecnológicas-Campus Cuauhtémoc. Presa de la Amistad 2015, La Presa, Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

3 Unidad Laguna-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera Santa Fe S/N. Torreón, Coahuila, México.

4 Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Carretera Durango-México km 22.5, Ejido Villa Montemorelos, Durango, México.

5 Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Los Reyes-Texcoco km 13.5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México.

Autor para correspondencia: [ppreciador@yahoo.com.mx](mailto:ppreciador@yahoo.com.mx).

### Resumen

La macroalga *Sargassum* spp. en los últimos años se ha convertido en un problema económico y ambiental en varias regiones costeras. Sin embargo, debido a la gran variedad de compuestos bioactivos que posee, se ha propuesto como alternativa sostenible en la agricultura, ya que puede mejorar la germinación de semillas, la absorción de nutrientes, la fotosíntesis y mitigar el estrés biótico y abiótico. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del cebado de semillas de tomate con extractos acuosos de *Sargassum* spp. sobre la germinación, vigor, biomasa, pigmentos fotosintéticos y algunos indicadores del sistema antioxidante de las plántulas. Las concentraciones de los extractos fueron: 0.5, 1.5, 2.5 y 3.5% y un control con agua destilada. Los resultados indican que los extractos mejoraron la germinación, el vigor, compuestos fenólicos, flavonoides, capacidad antioxidante y pigmentos fotosintéticos. No se observaron mejoras significativas en la biomasa. Estos resultados sugieren que la aplicación de extractos de *Sargassum* spp. puede ser una alternativa ecológica para mejorar los parámetros de germinación y estimular la síntesis de metabolitos secundarios en plántulas de tomate.

### Palabras clave:

*Solanum lycopersicum* L., bioestimulantes, cebado de semillas.

## Introducción

La agricultura moderna enfrenta el reto de incrementar la productividad y calidad de los cultivos bajo criterios de sostenibilidad y seguridad alimentaria (FAO, 2025). La creciente demanda de alimentos impulsa estrategias que optimicen el rendimiento agrícola reduciendo el impacto ambiental. En este contexto, los bioestimulantes naturales destacan por su capacidad para mejorar la producción y calidad, disminuyendo el uso de agroquímicos y mitigando el estrés biótico y abiótico (Durán-Hernández *et al.*, 2022). Entre ellos, los derivados de algas marinas, como *Sargassum* spp., son prometedores por su riqueza de compuestos bioactivos. Estas macroalgas contienen polisacáridos, compuestos fenólicos, carotenoides, fitohormonas y aminoácidos, que mejoran la germinación, el crecimiento y calidad, además de conferir tolerancia al estrés salino, hídrico, térmico y por patógenos (Senthilkumar *et al.*, 2024).

Aunque su proliferación masiva genera problemas ambientales y económicos en el Caribe Mexicano. Su alto contenido de metabolitos secundarios la convierte en una fuente valiosa de bioestimulantes agrícolas (Adderley *et al.*, 2023). Estudios previos demuestran su potencial para mejorar el crecimiento y la calidad nutracéutica de distintos cultivos (Rivera-Solís *et al.*, 2021).

Por su parte, el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas más cultivadas y consumidas mundialmente, apreciado por su valor nutricional y antioxidante (Collins *et al.*, 2022). Para asegurar la productividad de este cultivo, se requieren semillas de alta calidad que garanticen una germinación uniforme, etapa clave para el rendimiento del cultivo (Ruiz-Ramirez *et al.*, 2021; Reed *et al.*, 2022). La germinación, transición de latencia a crecimiento activo, puede optimizarse mediante tratamientos pregerminativos como el cebado, que mejora la tasa de germinación, vigor y tolerancia al estrés (Wang and Shi, 2024; Abinandan *et al.*, 2025). Dado el potencial bioestimulante del *Sargassum* spp., este estudio evaluó el efecto de extractos de *Sargassum* spp. sobre la germinación, pigmentos fotosintéticos y actividad antioxidante en plántulas de tomate.

## Materiales y métodos

### Extracto líquido de *Sargassum* spp.

Se utilizó alga parda *Sargassum* spp., previamente deshidratada y pulverizada, proporcionada por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). El extracto líquido se preparó según la metodología de Sariñana-Aldaco *et al.* (2021), donde se detalla su caracterización bioquímica. Se elaboró una solución madre (100%) en proporción 1:20 (m:v, alga:agua destilada), hervida durante 1 h, prensada y filtrada. A partir de esta solución concentrada se obtuvieron las diluciones requeridas (0.5, 1.5, 2.5 y 3.5%) con agua bidestilada.

### Ensayo de germinación

Se utilizaron semillas de tomate tipo saladette variedad 'Río Grande', desinfectadas con etanol al 75% durante 5 min y lavadas dos veces con agua destilada. Las semillas se sumergieron durante 24 h en las concentraciones del extracto de *Sargassum* spp. (0.5, 1.5, 2.5 y 3.5%), incluyendo un control con agua destilada. Posteriormente, se colocaron en papel de filtro #1 dentro de cajas Petri estériles (90 mm), con 10 semillas por caja y 20 cajas por tratamiento. El papel de filtro se humedeció con agua destilada estéril. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco tratamientos y 20 repeticiones. Las cajas Petri se incubaron en una cámara de germinación (Achieva, Lab-Tech Inc, Modelo Núm. A-3920), bajo ciclo de día/noche de 12 h, a  $25 \pm 2$  °C y 60% de humedad relativa (Li *et al.*, 2019). Tras 14 días, se evaluaron porcentaje de germinación, la biomasa fresca y el porcentaje de vigor.

El porcentaje de germinación (G) y de vigor (V) fueron calculados mediante las siguientes fórmulas:

1)  
$$G = \frac{n}{N} \times 100$$

Donde: n= número de semillas germinadas en el día 14; N= número total de semillas.

$$2) \quad V = \frac{Pn}{N} \times 100$$

Donde: Pn= plántulas normales; N= número total de semillas.

### Pigmentos fotosintéticos

El contenido de clorofila se determinó según el método de Lichtenthaler y Wellburn (1983), utilizando etanol al 95% como disolvente. Las lecturas de absorbancia se realizaron a 665, 649 y 470 nm en un espectrofotómetro UV-visible (Jenway 7305).

Las concentraciones de clorofila se calcularon mediante las siguientes ecuaciones:

$$3) \quad \text{Clorofilaa} = 13.95A_{665} - 6.88A_{649}$$

$$4) \quad \text{Clorofilab} = 24.96A_{649} - 7.32A_{665}$$

$$5) \quad \text{Clorofilatotal} = \text{clorofilaa} + \text{clorofilab}$$

### Extracción de compuestos bioactivos

Se homogeneizaron 2 g de muestra fresca con 10 ml de etanol al 80%, mediante agitación orbital constante (70 rpm) durante 24 h a 70 rpm y 5 °C. Posteriormente, los extractos fueron centrifugados a 3 000 rpm durante 5 min, el sobrenadante se utilizó para los análisis posteriores.

### Compuestos bioactivos

El contenido de compuestos fenólicos se determinó mediante una adaptación del método Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999). Se mezclaron 50 µl de extracto etanólico con 3 ml de agua destilada y 250 µl de reactivo Folin-Ciocalteu (1 N). Tras 3 min de reposo, se añadieron 750 µl de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y 950 µl de agua destilada, incubando 2 h. La absorbancia se midió a 765 nm en un espectrofotómetro UV-visible (Jenway 7305), expresando los resultados como mg equivalentes de ácido gálico (AG) por cada 100 g de peso fresco (PF).

El contenido total de flavonoides se cuantificó mediante el método colorimétrico descrito por Buendía-García *et al.* (2021). Se mezclaron 250 µl de extracto con 1.25 ml de agua destilada y 75 µl de NaNO<sub>2</sub> (5%), reposando 5 min. Luego se añadieron 150 µl de AlCl<sub>3</sub>, 500 µl de NaOH (1M) y 275 µl de agua destilada. La absorbancia se midió a 510 nm, expresando los resultados se expresaron en mg equivalentes de quercetina (QE) por cada 100 g PF.

La capacidad antioxidante se evaluó mediante el método DPPH+ (Brand-Williams *et al.*, 1995), utilizando una solución de DPPH+ en etanol (0.025 mg ml<sup>-1</sup>). Se mezclaron 50 µl con 1 950 µl de DPPH+, incubando 30 min y se midió la absorbancia a 517 nm. Los resultados se expresaron en miliequivalentes (Meq) de Trolox por cada 100 g de peso PF.

### Actividad de la catalasa

La actividad de la catalasa (CAT, EC 1.11.1.6) se determinó según el método de Aebi (1974). Las lecturas se realizaron a temperatura ambiente en un espectrofotómetro UV-Visible (Jenway 7305), monitoreando la disminución de la absorbancia a 240 nm por descomposición del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. La actividad enzimática se calculó empleando el coeficiente de extinción molar (#<sub>240</sub> = 43.6 M cm<sup>-1</sup>) y la concentración de proteínas, determinada por el método de Bradford (1976). Los resultados se expresaron como U mg<sup>-1</sup> proteína, definiendo una unidad (U) como la cantidad de enzima que provoca un cambio de 0.001 de absorbancia por minuto en las condiciones del ensayo.

## Análisis estadístico

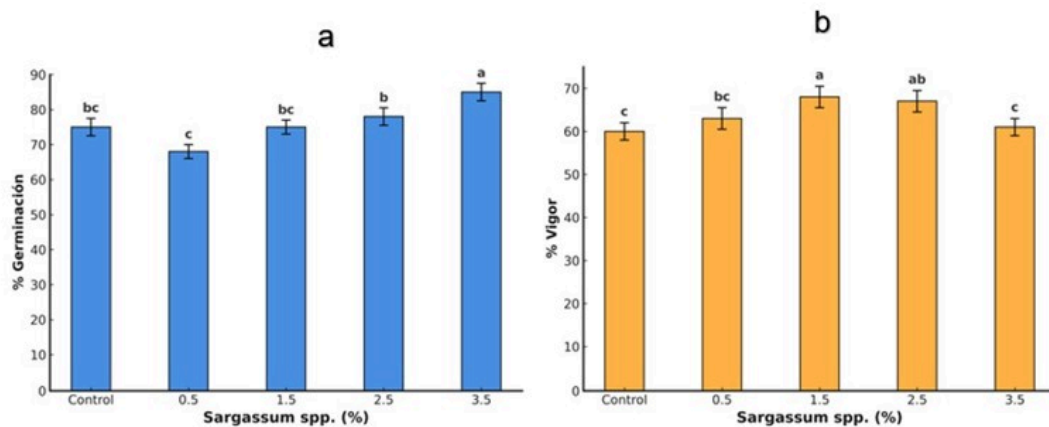
La normalidad de los datos se verificó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los datos expresados en porcentaje se transformaron mediante funciones de arco seno o raíz cuadrada, según su distribución. El análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) se realizaron con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS), versión 9.3.

## Resultados y discusión

### Ensayo de germinación

La germinación y el vigor son etapas críticas en el desarrollo vegetal, determinantes para el establecimiento y el rendimiento del cultivo (Papoui *et al.*, 2025). En este estudio, el tratamiento con el extracto líquido de *Sargassum* spp. mejoró significativamente la germinación y el vigor de las semillas de tomate (Figura 1). La concentración de 3.5% incrementó la germinación en 19%, mientras que 1.5% aumentó el vigor en 13% respecto al control.

**Figura 1.** Efecto del extracto líquido de *Sargassum* spp. sobre la germinación (a) y vigor (b) de semillas de tomate. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

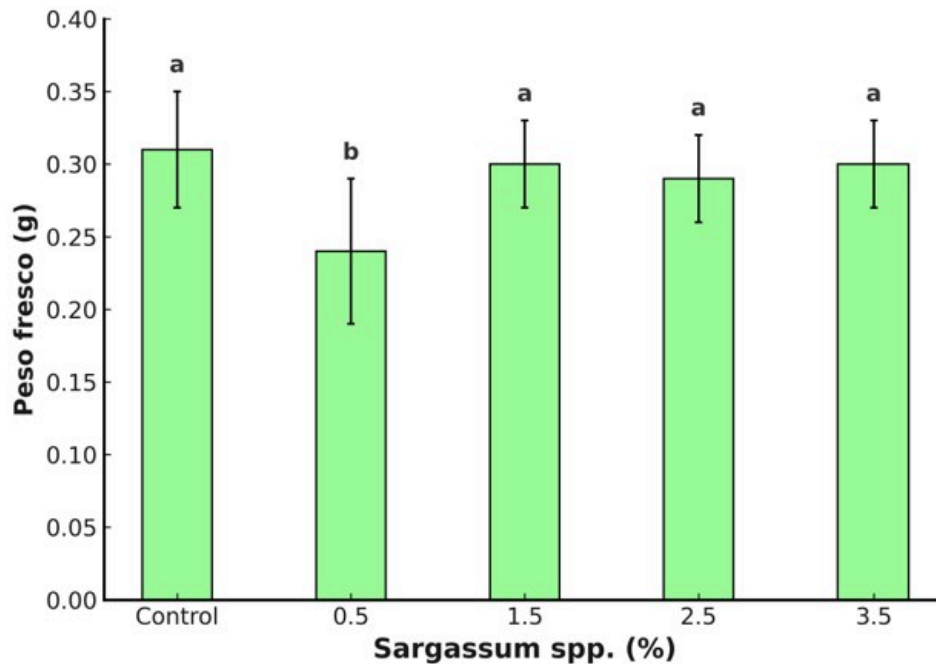


Resultados similares han sido reportados en tomate con extractos de algas pardas (Hernández-Herrera *et al.*, 2023) y en *Abelmoschus esculentus* con extractos de *Ecklonia maxima* (Makhaye *et al.*, 2021). El efecto positivo se atribuye a la presencia de fitohormonas, polisacáridos y compuestos antioxidantes que regulan procesos clave durante la germinación (Cossa *et al.*, 2023; Margal *et al.*, 2023). Las algas pardas, que contienen auxinas, giberelinas y citoquininas que facilitan la ruptura de la dormancia mediante la activación de enzimas hidrolíticas, como la amilasa, que convierte el almidón en azúcares simples para el desarrollo embrionario (Sariñana-Aldaco *et al.*, 2022). Además, estas fitohormonas promueven la división y elongación celular (Zluhan-Martínez *et al.*, 2021). No obstante, su efectividad depende de múltiples factores, como la especie de alga, tipo de extracción, condiciones ambientales, concentración y la especie vegetal receptora (Martínez-González *et al.*, 2022). Concentraciones elevadas pueden generar efectos adversos por acumulación de compuestos que alteran el equilibrio hormonal o inducen estrés fisiológico (Castro *et al.*, 2022).

## Producción de biomasa

El cebado con extracto líquido de *Sargassum* spp. no causó efectos significativos sobre la biomasa (Figura 2). Estos resultados coinciden con estudios previos que no reportan diferencias entre distintas concentraciones utilizadas. Por ejemplo, Morales-Meléndez *et al.* (2023) no observaron incrementos significativos en la producción de biomasa de plantas de tomate tratadas con extractos de algas y Rivera-Solís *et al.* (2021) tampoco encontraron diferencias respecto al control. Esto sugiere que la composición química de los extractos y su concentración son factores clave para inducir una respuesta fisiológica positiva o evitar efectos inhibitorios.

Figura 2. Peso fresco de las plántulas de tomate tratadas con extracto de *Sargassum* spp. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).



## Pigmentos fotosintéticos

La clorofila total y los carotenoides son indicadores clave de la capacidad fotosintética y del estado fisiológico de las plantas (Sherin *et al.*, 2022). En este estudio, ambos pigmentos fueron significativamente afectados por los extractos de *Sargassum* spp. (Cuadro 1). La concentración de 3.5% redujo la clorofila total en 14.85% respecto al control. Resultados similares han sido reportados con extractos de algas marinas (Salazar-Salazar *et al.*, 2022; Mohammed *et al.*, 2023).



**Cuadro 1. Extracto de *Sargassum* spp. sobre el contenido de clorofila total y carotenoides en las plántulas de tomate.**

Extracto de <i>Sargassum</i> spp. (%)	Clorofila total (mg g <sup>-1</sup> PS)	Carotenoides (mg g <sup>-1</sup> PS)
Control	1.28 b	102.68 b
0.5	1.48 ab	118.27 ab
1.5	1.91 a	137.8 a
2.5	1.61 a	128.44 ab
3.5	1.09 b	82.91 b

PS= peso seco. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Este efecto se ha atribuido a la acción de betaínas presentes en los extractos, que actúan como chaperonas moleculares estabilizando biomoléculas sensibles, como los pigmentos y evitando su degradación (Sariñana-Aldaco *et al.*, 2025). Dichos compuestos han demostrado prevenir la pérdida de actividad fotosintética al inhibir la degradación de la clorofila (Genard *et al.*, 1991), especialmente en dosis intermedias.

### Compuestos bioactivos y actividad de la catalasa

El sistema antioxidante vegetal comprende dos componentes: enzimático, considerado la primera línea de defensa, integrado por enzimas como catalasa (CAT), ascorbato peroxidasa (APX) y glutatión peroxidasa (GPX), que degradan especies reactivas de oxígeno (ROS) como H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Dumanovi# *et al.*, 2021) y no enzimático, conformado por metabolitos antioxidantes como ácido ascórbico, compuestos fenólicos, glutatión y carotenoides (Hashim *et al.*, 2020). En este estudio, el extracto de *Sargassum* spp. (1.5%) incrementó significativamente fenoles totales (141%), flavonoides (125%) y capacidad antioxidante (11%) respecto al control (Figura 3). Sin embargo, la actividad de CAT disminuyó en tratamientos con 1.5% y 3.5% (Figura 4). Estos resultados concuerdan con reportes sobre el efecto positivo de extractos de algas en la acumulación de compuestos bioactivos (Sariñana-Aldaco *et al.*, 2021), aunque difieren de estudios que informan aumentos en enzimas antioxidantes en soya tratada con extractos de *Ascophyllum nodosum* (Repke *et al.*, 2022).



Figura 3. Fenoles totales(a), flavonoides (b) y capacidad antioxidante (c) en plántulas de tomate tratadas con extracto líquido de *Sargassum* spp. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

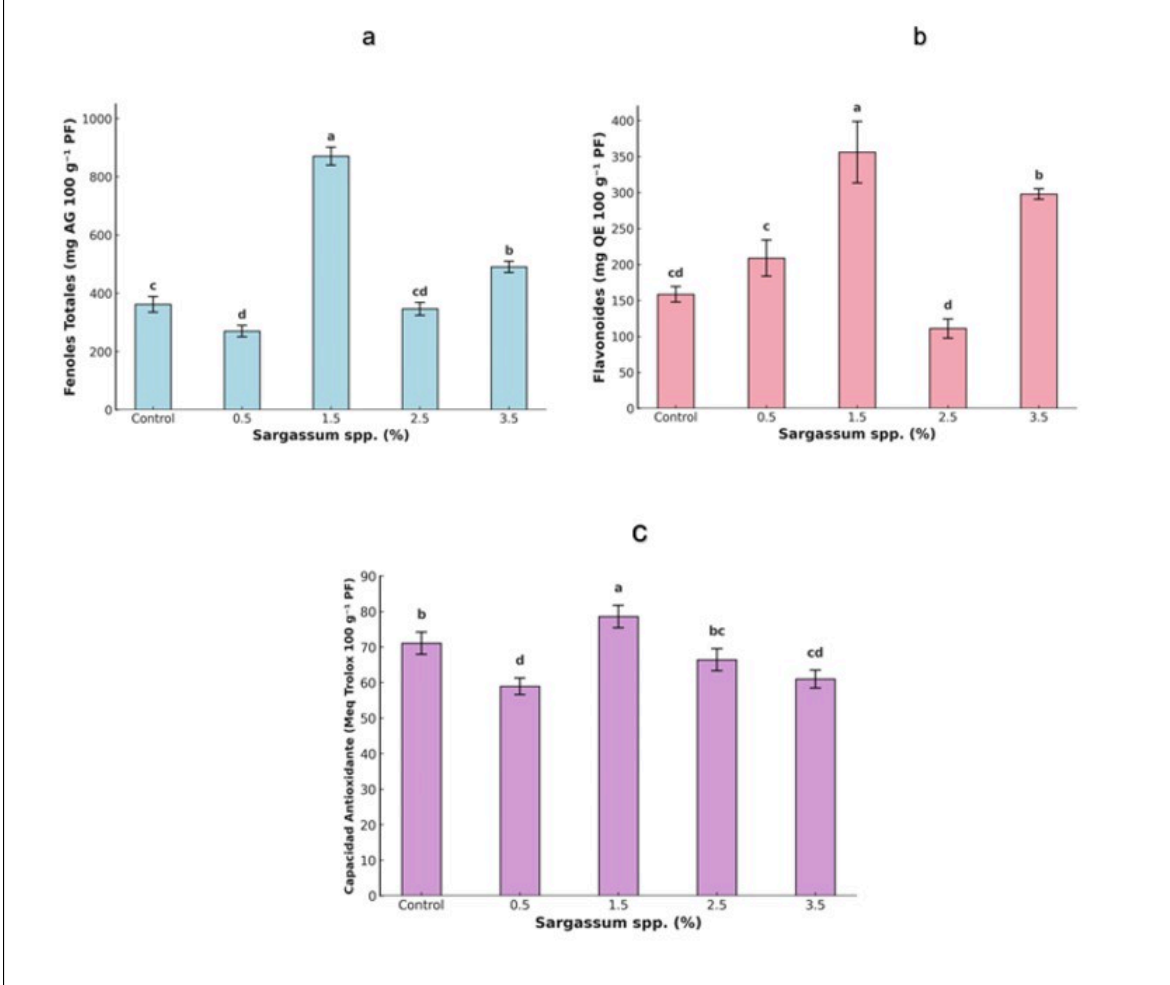
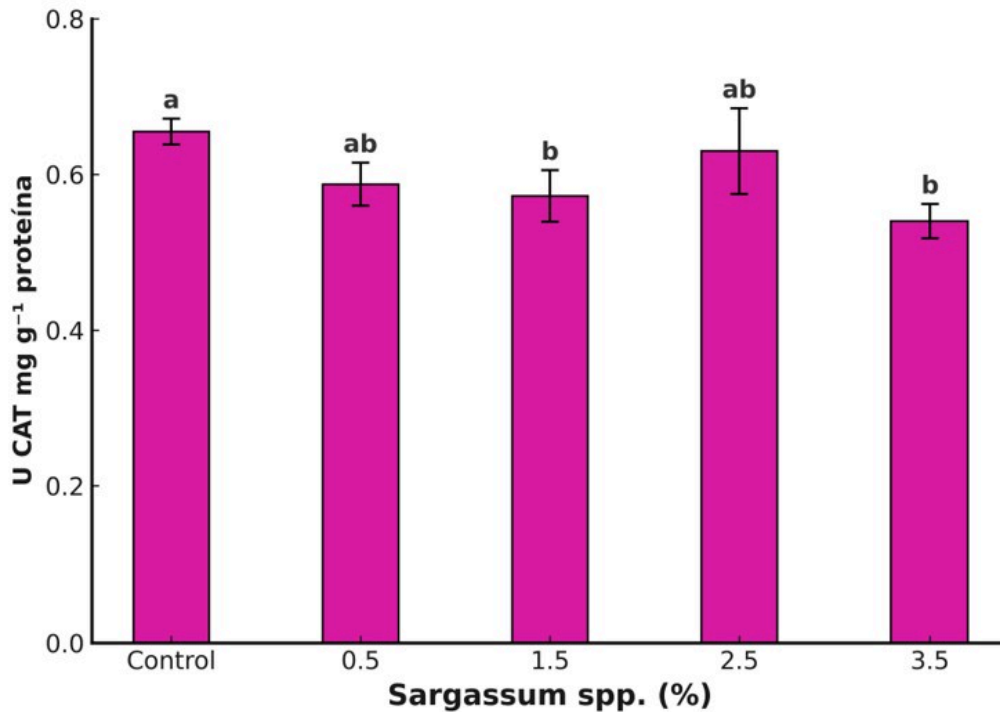


Figura 4. Actividad de la catalasa en plántulas de tomate tratadas con extracto de *Sargassum* spp. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).



La respuesta observada puede atribuirse a metabolitos del extracto que activan cascadas de señalización y expresión génica para enzimas antioxidantes y síntesis de compuestos fenólicos (González-Morales *et al.*, 2021). Además, algunos metabolitos ejercen acción directa en el citoplasma (Lau *et al.*, 2025). La reducción en CAT sugiere un reequilibrio del sistema antioxidante, favoreciendo la defensa no enzimática mediante la biosíntesis de fenoles y flavonoides, lo que disminuye la necesidad de rutas enzimáticas para neutralizar ROS (Kumar *et al.*, 2024).

## Conclusiones

El extracto de *Sargassum* spp. como bioestimulante natural mejoró la germinación de las semillas de tomate, el vigor de las plántulas y la biosíntesis de compuestos bioactivos, incrementando su capacidad antioxidante. El extracto de *Sargassum* spp. es una alternativa sostenible para favorecer la germinación, el desarrollo de plántulas, así como mayor producción de metabolitos secundarios.

## Bibliografía

- 1 Abinandan, S.; Praveen, K.; Venkateswarlu, K. and Megharaj, M. 2025. Seed priming with microalgae enhances plant productivity and rhizosphere health. *Soil Ecology Letters*. 7(1):1-13. <https://doi.org/10.1007/s42832-024-0271-1>.
- 2 Adderley, A.; Wallace, S.; Stubbs, D.; Bowen-O'Connor, C.; Ferguson, J.; Watson, C. and Gustave, W. 2023. *Sargassum* sp. as a biofertilizer: is it really a key towards sustainable agriculture for The Bahamas? *Bulletin of the National Research Centre*. 47(1):1-11. <https://doi.org/10.1186/s42269-023-01087-w>.

- 3 Aebi, H. E. 1974. Catalase. *In*: methods of enzymatic analysis 2nd. Bergmeyer HU. Ed. Academic Press. New York, USA. 673-684 pp.
- 4 Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 72(1-2):248-254.
- 5 Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*. 28(1):25-30.
- 6 Buendía-García, A.; Lozano-Cavazos, C. J.; Rodríguez-Ortiz, J. C.; Carballo-Méndez, F. D. J.; Moreno-Reséndez, A.; Sariñana-Navarrete, M. D. A. y Preciado-Rangel, P. 2021. La biofortificación con selenio mejora la calidad nutraceutica y la capacidad antioxidante de la lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 8(3):1-8. <https://doi.org/10.19136/era.a8n3.3104>.
- 7 Castro, I.; Calero, A.; Rodríguez, M. G.; Peláez, A.; Martínez, D. y Pérez, Y. 2022. Potencialidades de dos bioestimulantes en la germinación y el crecimiento de las plántulas de tomate. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 23(1):1-16. <https://doi.org/10.21930/rcta.vol23-num1-art:2343>.
- 8 Collins, E. J.; Bowyer, C.; Tsouza, A. and Chopra, M. 2022. Tomatoes: an extensive review of the associated health impacts of tomatoes and factors that can affect their cultivation. *Biology*. 11(2):1-44. <https://doi.org/10.3390/biology11020239>.
- 9 Cossa, G. E.; Silva, V. N.; Milanese, P. M. and Tironi, S. P. 2023. Physiology of carrot seeds treated with red seaweed biostimulant and exposed to different temperatures and salinity. *Acta Agronómica*. 72(1):63-69. <https://doi.org/10.15446/acag.v72n1.96143>.
- 10 Dumanovi#, J.; Nepovimova, E.; Nati#, M.; Ku#a, K. and Ja#evi#, V. 2021. The significance of reactive oxygen species and antioxidant defense system in plants: a concise overview. *Frontiers in Plant Science*. 6(11):1-13.
- 11 Durán-Hernández, D.; Uribe-Orozco, M. E.; Mateo-Cid, L. E. y González-Mendoza, D. 2022. Potencial biotecnológico de las macroalgas en la agricultura. *IDESIA (Chile)*. 40(3):81-88.
- 12 FAO. 2025. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Alimentación y agricultura sostenibles. <https://www.fao.org/sustainability/es>.
- 13 Genard, H.; Saos, J. L.; Billard, J. P.; Tremolieres, A. and Boucaud, J. 1991. Effect of salinity on lipid composition, glycine betaine content and photosynthetic activity in chloroplasts of *Suaeda maritima*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 29(5):421-427.
- 14 González-Morales, S.; Solís-Gaona, S.; Valdés-Caballero, M. V.; Juárez-Maldonado, A.; Loredó-Treviño, A. and Benavides-Mendoza, A. 2021. Transcriptomics of biostimulation of plants under abiotic stress. *Frontiers in genetics*. 12(5):1-24. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.583888>.
- 15 Hashim, A. M.; Alharbi, B. M.; Abdulmajeed, A. M.; Elkelish, A.; Hozzein, W. N. and Hassan, H. M. 2020. Oxidative stress responses of some endemic plants to high altitudes by intensifying antioxidants and secondary metabolites content. *Plants*. 9(7):1-24. <https://doi.org/10.3390/plants9070869>.
- 16 Hernández-Herrera, R. M.; González-González, M. F.; Velasco-Ramírez, A. P.; Velasco-Ramírez, S. F.; Santacruz-Ruvalcaba, F. and Zamora-Natera, J. F. 2023. Seaweed extract components are correlated with the seeds germination and growth of tomato seedlings. *Seeds*. 2(4):436-448. <https://doi.org/10.3390/seeds2040033>.
- 17 Kumar, G.; Nanda, S.; Singh, S. K.; Kumar, S.; Singh, D.; Singh, B. N. and Mukherjee, A. 2024. Seaweed extracts: enhancing plant resilience to biotic and abiotic stresses. *Frontiers in Marine Science*. 11(4):1-14. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1457500>.
- 18 Lau, S. E.; Lim, L. W. T.; Hamdan, M. F.; Chan, C.; Saidi, N. B.; Ong-Abdullah, J. and Tan, B. C. 2025. Enhancing plant resilience to abiotic stress: the power of biostimulants. *Phyton-International. Journal of Experimental Botany*. 94(1):1-31. <https://doi.org/10.32604/phyton.2025.059930>.

- 19 Li, R.; He, J.; Xie, H.; Wang, W.; Bose, S. K.; Sun, Y.; Hu, J. and Yin, H. 2019. Effects of chitosan nanoparticles on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Biological Macromolecules*. 126(1):91-100.
- 20 Lichtenthaler, H. K. and Wellburn, A. R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*. 11(5):591-592.
- 21 Makhaye, G.; Aremu, A. O.; Gerrano, A. S.; Tesfay, S.; Du Plooy, C. P. and Amoo, S. O. 2021. Biopriming with seaweed extract and microbial-based commercial biostimulants influences seed germination of five *Abelmoschus esculentus* genotypes. *Plants*. 10(7):1-11. <https://doi.org/10.3390/plants10071327>.
- 22 Margal, P. B.; Thakare, R. S.; Kamble, B. M.; Patil, V. S.; Patil, K. B. and Titirmare, N. S. 2023. Effect of seaweed extracts on crop growth and soil: a review. *Journal of Experimental Agriculture International*. 45(9):9-19. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2023/v45i92170>.
- 23 Martínez-González, L.; Pérez-Domínguez, G.; López-Padrón, I.; Reyes-Guerrero, Y. y Núñez-Vázquez, M. C. 2022. Efecto de un extracto de *Sargassum fluitans* sobre la germinación de semillas de tomate. *Cultivos Tropicales*. 43(2):1-22.
- 24 Mohammed, S.; El-Sheekh, M. M.; Aly, S. H.; Al-Harbi, M.; Elkelish, A. and Nagah, A. 2023. Inductive role of the brown alga *Sargassum polycystum* on growth and biosynthesis of imperative metabolites and antioxidants of two crop plants. *Frontiers in Plant Science*. 14(11):1-12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1136325>.
- 25 Morales-Meléndez, R.; Betancourt-Galindo, R.; Juárez-Maldonado, A.; Hernández-Pérez, A.; González-Fuentes, J. A.; Puente-Urbina, B. y Méndez-López, A. 2023. Aplicación de extractos de algas, NP'SZnO y microorganismos sobre la biomasa vegetal en tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 10(2):1-11. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3206>.
- 26 Papoui, E. and Koukounaras, A. 2025. Evaluation of *Ascophyllum nodosum* and *Sargassum* spp. seaweed Extracts' effect on germination of tomato under salinity Stress. *Horticulturae*. 11(3):1-13. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11030290>.
- 27 Reed, R.; Bradford, K. and Khanday, I. 2022. Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate. *Heredity*. 128(6):450-459. <https://doi.org/10.1038/s41437-022-00497-2>.
- 28 Repke, R. A.; Silva, D. M. R.; Dos Santos, J. C. C. and Almeida-Silva, M. 2022. Increased soybean tolerance to high-temperature through biostimulant based on *Ascophyllum nodosum* (L.) seaweed extract. *Journal of Applied Phycology*. 34(6):3205-3218.
- 29 Rivera-Solís, L. L.; Rodríguez-Jasso, R. M.; Flores-López, M. L.; Robledo-Olivo, A.; Sandoval-Rangel, A.; Sariñana-Aldaco, O. y González-Morales, S. 2021. Extractos de *Sargassum* spp. como inductores de tolerancia a *Fusarium oxysporum* en plántulas de tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 8(1):1-8. <https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2826>.
- 30 Ruiz-Ramírez, S.; Sánchez-Lucio, R.; Zelaya-Molina, L. X.; Chávez-Díaz, I. F.; Cruz-Cárdenas, C. I. y Valdivia-Bernal, R. 2021. Germinación y vigor de semillas de especies hortícolas inoculadas con biofertilizantes y soluciones salinas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 12(7):1199-1208.
- 31 Salazar-Salazar, W.; Monge-Pérez, J. E. y Loría-Coto, M. 2022. Aplicación foliar de extracto de algas y fertilizantes en pimiento (*Capsicum annum*). *UNED Research Journal*. 14 (2):1-12.
- 32 Sariñana-Aldaco, O.; Benavides-Mendoza, A.; Juárez-Maldonado, A.; Robledo-Olivo, A.; Rodríguez-Jasso, R. M.; Preciado-Rangel, P. y Gonzalez-Morales, S. 2021. Efecto de extractos de *Sargassum* spp. en el crecimiento y antioxidantes de plántulas de tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 8(2):1-15. <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2814>.

- 33 Sariñana-Aldaco, O.; Benavides-Mendoza, A.; Robledo-Olivo, A. and González-Morales, S. 2022. The biostimulant effect of hydroalcoholic extracts of *Sargassum* spp. in tomato seedlings under salt stress. *Plants*. 11(22):1-24. <https://doi.org/10.3390/plants11223180>.
- 34 Sariñana-Aldaco, O.; Rivera-Solís, L. L.; Benavides-Mendoza, A.; Robledo-Olivo, A., Rodríguez-Jasso, R. M. and González-Morales, S. 2025. Using brown algae in the plant-soil system: a sustainable approach to improving the yield and quality of agricultural crops. *Horticulturae*. 11(1):1-29. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11010094>.
- 35 Senthilkumar, S.; Kuppusamy, S.; Palai, S.; Rajanbabu, V. and Vennila, A. 2024. Exploring *Sargassum* extract as a bio stimulant: advancements and benefits in soil plant systems a review. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 55(22):3638-3648. <https://doi.org/10.1080/00103624.2024.2397013>.
- 36 Sherin, G.; Aswathi, K. P. R. and Puthur, J. T. 2022. Photosynthetic functions in plants subjected to stress are positively influenced by priming. *Plant Stress*. 4(10):1-13. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2022.100079>.
- 37 Singleton, V. L.; Orthofer, R. and Lamuela-Raventós, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 299(7):152-178.
- 38 Wang, X. and Shi, Y. 2024. Effects of different seed priming agents on seed germination and physiological characteristics of wheat under saline-alkali stress. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 84(4):489-499.
- 39 Zluhan-Martínez, E.; López-Ruíz, B. A.; García-Gómez, M. L.; García-Ponce, B.; De la Paz Sánchez, M.; Álvarez-Buylla, E. R. and Garay-Arroyo, A. 2021. Integrative roles of phytohormones on cell proliferation, elongation and differentiation in the *Arabidopsis thaliana* primary root. *Frontiers in Plant Science*. 12(6):1-20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.659155>.



## Influencia del extracto de *Sargassum* spp. sobre la germinación y actividad antioxidante de plántulas de tomate

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 November 2025
Date accepted: 01 February 2026
Publication date: 01 February 2026
Publication date: Feb-Mar 2026
Volume: 17
Issue: 2
Electronic Location Identifier: e4239
DOI: 10.29312/remexca.v17i2.4239

### Categories

Subject: Artículos

### Palabras clave:

**Palabras clave:**

bioestimulantes

cebado de semillas

*Solanum lycopersicum* L.

### Counts

Figures: 4

Tables: 1

Equations: 5

References: 39