

Caracterización de un extracto hidrolizado de *Sargassum* spp. y su valorización como biofertilizante

David Cruz-Chávez <https://orcid.org/0000-0002-1659-8268>, Julio César Beltrán-Rochab <https://orcid.org/0000-0002-8063-725X>, Myriam Elías-Santosa <https://orcid.org/0000-0002-4179-0259>, Ulrico Javier López-Chukenc, <https://orcid.org/0000-0002-2100-9982>, y Claudio Guajardo-Barbosaa* <https://orcid.org/0000-0003-4601-9404>

^aInstituto de Biotecnología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Avenida Universidad S/N, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N. L., México, C. P. 66455.

^cFacultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Francisco I. Madero S/N, Ex Hacienda el Cañada, Ciudad. Gral. Escobedo, N.L., México, C. P. 66050.

^eLaboratorio de Biotecnología, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Avenida Universidad S/N, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N. L., México, C. P. 66455.

* claudio.guajardobr@uanl.edu.mx

Recibido 15 de marzo 2026, Aceptado 10 de abril 2026

Resumen

El aprovechamiento de recursos naturales derivados del desequilibrio ecológico ha cobrado relevancia en los últimos años, especialmente para el desarrollo de productos de interés comercial y agrícola. Esto responde a la creciente necesidad de sustituir prácticas convencionales por alternativas más sostenibles que minimicen el impacto ambiental. En este contexto, las macroalgas que arriban a las costas de México representan una fuente prometedora de compuestos bioactivos con aplicaciones en los sectores agrícola, alimentario y cosmético. En particular, las especies del género *Sargassum* destacan por su versatilidad industrial, siendo utilizadas en la producción de alginatos para las industrias cosmética y alimentaria, así como en la formulación de bioestimulantes agrícolas y fuentes de macronutrientes esenciales para el crecimiento vegetal, como biofertilizantes. En el presente estudio, se obtuvo un extracto a partir de macroalgas secas, el cual fue caracterizado mediante análisis fisicoquímicos y evaluado en ensayos de germinación de semillas de chile a distintas concentraciones. Los resultados revelaron la dosis óptima del extracto para mejorar el porcentaje de germinación, incrementar la longitud de las plántulas y favorecer el crecimiento vegetal, evidenciando así su potencial como biofertilizante.

Palabras clave: Algas marinas, macroalgas, sargazo, biofertilizante, germinación.

Abstract

The utilization of natural resources derived from ecological imbalances has gained prominence in recent years, particularly for developing commercial and agricultural products. This trend aligns with the growing need to replace conventional practices with sustainable alternatives that reduce environmental impact. In this context, macroalgae that wash ashore on Mexico's coasts represent a promising source of bioactive compounds with applications in agriculture, food, and cosmetics. Species of the genus *Sargassum* are especially notable for their industrial versatility, being used to produce alginates for cosmetic and food industries, as well as in formulating agricultural biostimulants and biofertilizers rich in essential macronutrients for plant growth. In this study, an extract was obtained from dried macroalgae, characterized through physicochemical analyses, and evaluated in chili seed germination assays at varying concentrations. Results identified the optimal extract dose to enhance germination rates, increase seedling length, and promote plant growth, demonstrating its potential as a biofertilizer.

1. Introducción

La agricultura en el Estado de Nuevo León comprende una diversidad de cultivos, entre los que destacan el maíz (*Zea mays*), la naranja (*Citrus* spp.) y el trigo (*Triticum* spp.), seguidos por el sorgo (*Sorghum* spp.), la avena (*Avena sativa*), el tomate (*Solanum lycopersicum*), el frijol (*Phaseolus vulgaris*), la papa (*Solanum tuberosum*) y el chile jalapeño (*Capsicum annuum* L), entre otros. Estos productos se destinan principalmente a la comercialización en Estados Unidos de América y al mercado regional del noreste de México.

En 2021, se cultivaron más de 96 mil hectáreas de estos cultivos, y para la primera mitad de 2024, la superficie cultivada superaba las 84 mil hectáreas (ha) (Tabla 1). La producción total de estos cultivos asciende a más de 600 mil toneladas [1].

Tabla 1. Extensión de terreno cultivado (ha) en Nuevo León de algunas especies de interés comercial [1].

Cultivo	Producción anual por hectárea (ha)			
	2021	2022	2023	2024
Maíz	60,223	55,056	34,373	21,553
Naranja	25,820	25,854	25,944	26,025
Trigo	16,530	6,962	12,886	15,494
Sorgo	7,839	6,574	3,140	2,572
Avena	585	504	862	612
Tomate	105	112	152	84
Frijol	1,043	623	253	90
Papa	3,141	2,835	3,213	2,274
Chile jalapeño	457	660	216	8

Tabla 1. Extensión de terreno cultivado (ha) en Nuevo León de algunas especies de interés comercial [1].

Cultivo	Producción anual por hectárea (ha)			
	2021	2022	2023	2024
Maíz	60,223	55,056	34,373	21,553
Naranja	25,820	25,854	25,944	26,025
Trigo	16,530	6,962	12,886	15,494
Sorgo	7,839	6,574	3,140	2,572
Avena	585	504	862	612
Tomate	105	112	152	84
Frijol	1,043	623	253	90
Papa	3,141	2,835	3,213	2,274
Chile jalapeño	457	660	216	8

Sin embargo, la agricultura moderna enfrenta el desafío de garantizar la soberanía alimentaria de aproximadamente diez mil millones de personas en las próximas décadas [2]. En este contexto, han surgido sistemas de producción integral que buscan reducir el uso de fertilizantes inorgánicos y fomentar la aplicación de insumos de origen orgánico, como compostas, bioles, caldos nutritivos y biofertilizantes. Estos enfoques no solo contribuyen a una agricultura más sostenible [3], sino que también mejoran la salud del suelo y favorecen la disponibilidad de nutrientes para optimizar el rendimiento de los cultivos.

Por otra parte, los biofertilizantes se desarrollan a partir de diversas fuentes naturales; sin embargo, aquellos elaborados a base de extractos de algas marinas se consideran materiales bioactivos naturales solubles en agua. Estos compuestos actúan como fertilizantes orgánicos, promoviendo la germinación de semillas, estimulando el crecimiento de plántulas y mejorando el rendimiento de los cultivos [4].

Los extractos de algas marinas pueden emplearse como suplementos nutricionales, bioestimulantes o biofertilizantes en la agricultura y horticultura, debido a su alto contenido de sustancias bioactivas, incluyendo vitaminas, minerales, reguladores del crecimiento, compuestos orgánicos y agentes humectantes. Además, contienen coloides mucilaginosos como agar, ácido alginico y manitol, los cuales favorecen la retención de humedad y nutrientes en las capas superficiales del suelo [5].

Las macroalgas marinas son organismos fotoautótrofos comúnmente adheridos al sustrato en zonas litorales, y se clasifican en tres grupos principales: algas verdes (Chlorophyta), algas rojas (Rhodophyta) y algas pardas (Phaeophyceae) [6]. Dentro de estas, las algas pardas, pertenecientes a géneros como: *Ascophyllum*, *Fucus*, *Laminaria*, *Sargassum*, *Turbinaria* y *Ecklonia*, son las más utilizadas en agricultura, tanto en forma de extracto como de composta [7].

Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo la elaboración, caracterización y evaluación de un biofertilizante a partir de sargazo (*Sargassum* spp.) y su efecto en la germinación de semillas de chile jalapeño.

2. Parte experimental

Las algas fueron recolectadas en el verano de 2022 en la costa de Punto Mola en el Estado de Quintana Roo (latitud 20.589408571432074, longitud -86.74447783077478), y fueron sometidas a un secado al aire libre hasta alcanzar una humedad inferior al 10% y posterior reducción de tamaño de partícula para facilitar el secado. Las semillas de chile utilizadas fueron de la marca comercial Vita®. El extracto se obtuvo mediante una modificación del método AOAC 962.09, utilizado para la determinación de fibra cruda en alimentos. Para ello, se mezcló el polvo de sargazo en una relación 1:5 con una solución de ácido fosfórico al 10% (sobrenadante uno). La mezcla se sometió a ebullición y agitación constante durante 30 minutos con enfriador de vapores y reflujo evitando la variación en la concentración del ácido durante el proceso. Posteriormente, se centrifugó a 6000 rpm durante 15 minutos a temperatura ambiente. El sobrenadante se reservó y al precipitado se le añadió hidróxido de potasio al 10% (sobrenadante dos), repitiendo el proceso anterior. El precipitado final se descartó y los sobrenadantes uno y dos se mezclaron para obtener el biofertilizante.

Los parámetros de pH y sólidos solubles totales (° Brix) fueron medidos siguiendo la NOM-021-RECNAT-2000. La caracterización química se realizó utilizando un fotómetro multiparamétrico de nutrientes modelo HI83325 (Hanna Instruments®), de acuerdo con las instrucciones del manual de usuario.

Para las pruebas de germinación de chile jalapeño, se utilizó sustrato PeatMoss® en charolas de 72 cavidades, midiendo el porcentaje de germinación y la longitud de la plántula. Los tratamientos consistieron en agua destilada como control negativo (T1). Como controles positivos se utilizaron los extractos comerciales Stimplex® (T2: 1 L·ha⁻¹), PlassAMIN-ACTIVE® (T3: 0.5 L·ha⁻¹) y como elementos de prueba, tres dosis del biofertilizante obtenido: 0.50 L·ha⁻¹ (T4), 0.75 L·ha⁻¹ (T5) y 1.00 L·ha⁻¹ (T6).

Para evaluar la germinación, se empleó un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados, con seis tratamientos, cuatro bloques y tres semillas por bloque. El análisis estadístico para el extracto se realizó mediante un ANOVA de una vía con 15 réplicas por extracción. Se utilizó un análisis de contraste de Tukey para verificar las diferencias estadísticas entre los tratamientos ($\alpha=0.05$).

3. Resultados y discusión

En la caracterización física (pH y ° Brix) del biofertilizante, se obtuvo un pH de 3.4 y una cantidad de sólidos solubles totales de 13.06 ° Brix. El primero, aunque ligeramente ácido, permite la solubilización y absorción de los nutrientes por parte de la raíz, así como la solubilidad de los nutrientes [8] y junto, a los sólidos solubles totales, permite un aumento de la biomasa del suelo, útil para mejorar las características de éste [9]. Respecto a la caracterización química, se observa (tabla 2) que los valores obtenidos, según diversos autores [10-12] son concordantes con los productos existentes en el mercado y permiten aportar nutrientes a la planta que son necesarios para su proceso de germinación y

crecimiento en etapa vegetativa.

Tabla 2. Caracterización química del biofertilizante de sargazo obtenido.

Nutrientes	(mg/L)
Amonio	107.00 ± 8.55
Nitrato	91.20 ± 24.92
Fosfato	298.80 ± 0.82
Calcio	1,976.00 ± 240.34
Magnesio	276.00 ± 14.70
Sulfato	187.33 ± 86.97
Potasio	222.20 ± 24.96

Promedio ± desviación estándar (n=15)

Respecto a los ensayos de germinación con los tratamientos empleados se obtuvo que el porcentaje de germinación fue superior al 90% con el biofertilizante obtenido (figura 1), aunque significativamente igual al tratamiento con agua destilada (testigo negativo), si representa una diferencia significativa ya que es importante destacar que las semillas de chile jalapeño son recalcitrantes (es decir, pierden agua a través del tiempo) por lo que un biofertilizante más complejo como T2 y T3 dificultaría la absorción del agua [3] necesaria para activar el embrión de la semilla y así iniciar el proceso germinativo.

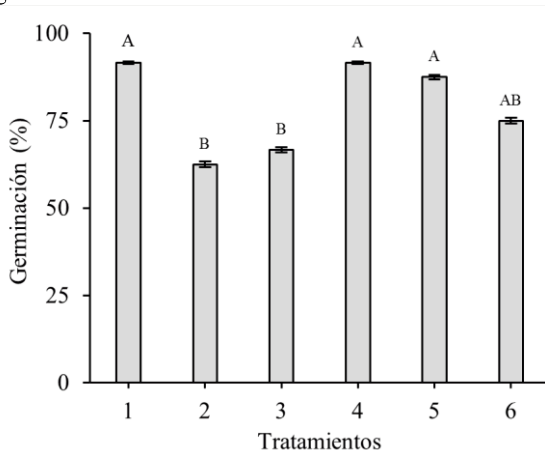


Figura 1. Porcentaje de germinación de semillas de chile jalapeño en respuesta a diferentes tratamientos: (1) Testigo negativo (agua destilada), (2) Testigo positivo (Stimplex® 1 L·ha⁻¹), (3) Control (PlassAMIN-ACTIVE® 2 L·ha⁻¹), (4-6) Hidrolizado en dosis de 0.5, 0.75 y 1 L·ha⁻¹, respectivamente. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.

La longitud de las plántulas es un atributo clave en la producción agrícola, ya que plántulas más vigorosas presentan menor susceptibilidad a la marchitez del almácigo o podredumbre del almácigo [13], lo que aumenta su probabilidad de supervivencia al ser trasplantadas al campo. En este estudio, los tratamientos 2 y 5 mostraron las mayores longitudes totales, así como un crecimiento superior en raíz y tallo (figura 2). Un sistema radicular robusto, garantiza un mayor crecimiento

vegetativo, una consecuente absorción nutrimental, una mejora en la calidad de plántula y posterior aumento en el rendimiento del cultivo [10-12]. En el cultivo de chile jalapeño se han reportado longitudes de plántula de entre 8-10 cm, así como longitud radicular inferior a los 5 cm [14-15], longitudes que, si bien son aceptables como parámetros de calidad, resultan inferiores contra los reportados en la presente investigación. En este estudio, los tratamientos 2 y 5 mostraron las mayores longitudes totales, así como un crecimiento superior en raíz y tallo (figura 2). Algunos autores [5-7, 14-15] destacan la importancia de las algas marinas, como bioestimulantes y fuente de aminoácidos y nutrientes, importantes en el desarrollo y estabilidad de la plántula, así como una correcta supervivencia de la misma, asegurando su crecimiento y rendimiento.

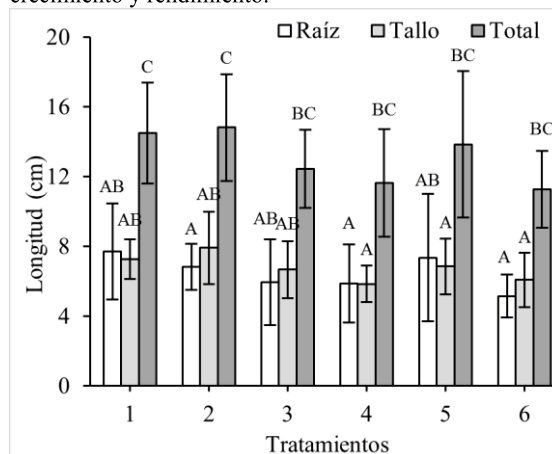


Figura 2. Longitud de raíz, tallo y total en plántulas de chile jalapeño bajo diferentes tratamientos: (1) Testigo negativo (agua destilada), (2) Testigo positivo (Stimplex® 1 L·ha⁻¹), (3) Control (PlassAMIN-ACTIVE® 2 L·ha⁻¹), (4-6) Hidrolizado en dosis de 0.5, 0.75 y 1 L·ha⁻¹, respectivamente. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Conclusiones

Los tratamientos 4 (biofertilizante 0.50 L·ha⁻¹) y 5 (biofertilizante 0.75 L·ha⁻¹) del extracto de sargazo presentan los mejores resultados respecto al testigo positivo y el control, tanto para el porcentaje de germinación como para la longitud de plántula. Los resultados indican que el uso del extracto de sargazo como biofertilizante, tiene el potencial de competir con productos comercializados elaborados a partir algas.

4. Agradecimientos

Al Programa de Apoyo a la Ciencia, Tecnología e Innovación (PROACTI) del año 2023 con clave de proyecto 84-CA-2023 de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por el apoyo económico recibido para la realización parcial de este proyecto.

Al Grupo Plased Ingredients S.A de C.V. y en especial al Q.I. José Jair Alzate Gómez Por facilitar su producto comercial, PlassAMIN-ACTIVE®, el cual fue de mucha

utilidad para la realización de este trabajo.

5. Referencias

- [1] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (Dakota del Norte). Consultado en <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- [2] El Boukhari, MEM, Barakate, M., Bouhia, Y., & Lyamlouli, K. (2020). Tendencias en bioestimulantes basados en extractos de algas marinas: proceso de fabricación y efecto beneficioso en los sistemas suelo-planta. *Plantas*, 9 (3), 359.
- [3] Espinosa-Antón, AA, Hernández-Herrera, RM, & González González, M. (2021). Potencial de las macroalgas marinas como bioestimulantes en la producción agrícola de Cuba. *Centro Agrícola*, 48 (3), 81-92.
- [4] Vijayanand, N., Ramya, SS y Rathinavel, S. (2014). Potencial de los extractos líquidos de *Sargassum wightii* en los parámetros de crecimiento, bioquímicos y de rendimiento de la planta de frijol en racimo. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 3 (2), 150-155.
- [5] Nabti, E., Jha, B., y Hartmann, A. (2017). Impacto de las algas marinas en la producción de cultivos agrícolas como biofertilizante. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología Ambiental*, 14 , 1119-1134.
- [6] Espinosa-Antón, AA, Hernández-Herrera, RM, & González González, M. (2021). Potencial de las macroalgas marinas como bioestimulantes en la producción agrícola de Cuba. *Centro Agrícola*, 48 (3), 81-92.
- [7] Wiencke, C., y Bischof, K. (2012). *Biología de las algas marinas*. Estudios ecológicos, 219.
- [8] Vivanco, TDS, Pérez, WE, Lastra-Páucar, S., Verme-Mustiga, E., & Solórzano-Acosta, R. (2024). El uso de biofertilizantes líquidos fermentados derivados de residuos de mataderos mejora el rendimiento de los cultivos de maíz. *Agroecosistemas tropicales y subtropicales*, 27 (3).
- [9] Torred, M., & Aradilla, A. (2020). Biofertilizantes líquidos formulados: propiedades químicas y composición bacteriana. *Revista Internacional de Investigación Académica y Aplicada (IJAAR)*, 4 , 37-40.
- [10] Fahlivi, MR, Campus, FI, y Jónsson, Á. (2015). Características fisicoquímicas del fertilizante líquido de vísceras de pescado. *Politécnico Sidoarjo de Marina y Pesca-Campus de Industria Pesquera-Indonesia*, 9-12 .
- [11] Hamed, SM, Abd El-Rhman, AA, Abdel-Raouf, N., & Ibraheem, IB (2018). Función de las macroalgas marinas en la protección y mejora de las plantas para una tecnología agrícola sostenible. *Revista de Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Beni-Suef*, 7 (1), 104-110.
- [12] Hernández-Herrera, RM, Santacruz-Ruvalcaba, F., & Hernández-Carmona, G. (2019). Respuestas de germinación y crecimiento de plántulas de tomate *Solanum lycopersicum* L. a extractos de algas aplicados a las semillas. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 10 (1), 28-44.
- [13] Aldaco, OS, Mendoza, AB, Maldonado, AJ, Olivo, AR, Jasso, RMR, Rangel, PP, & Morales, SG (2021). Efecto de extractos de *Sargassum* spp. en el crecimiento y antioxidantes de plántulas de tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8 (2), 1.
- [14] Yusuf, R., Laude, S., Syakur, A. y Kalaba, Y. (julio de 2021). Efecto del extracto de algas marinas (*Sargassum* sp.) en el crecimiento y la mejora del rendimiento de las hojas de mostaza (*Brassica juncea* L.). En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 828, No. 1, p. 012011).
- [15] Zermeno González, A., López Rodríguez, BR, Melendres Alvarez, AI, Ramírez Rodríguez, H., Cárdenas Palomo, JO, & Munguía López, JP (2015). Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6 (SPE12), 2437-2446.