



Efecto bioestimulante de la espirulina (*Arthrospira platensis*) sobre el desarrollo inicial vegetativo de plántulas de arroz (*Oryza sativa*)

Biostimulant effect of spirulina (*Arthrospira platensis*) on the initial vegetative development of rice seedlings (*Oryza sativa*)

✉ Ángel Gabriel Castillo-Riofrío^{1*}, Alberto Gabriel González Rodríguez¹,

José Humberto Vera Rodríguez², Rocío Maribel Yagual De La Cruz³

¹Universidad Estatal de Milagro. Cdla. Universitaria “Dr. Rómulo Minchala Murillo” - km. 11/2 vía Milagro - Virgen de Fátima; Milagro, Guayas, Ecuador. 091703.

²Universidad Agraria del Ecuador UAE. Vía Puerto Marítimo - Avenida 25 de Julio y Pío Jaramillo (Campus principal) Guayaquil, Guayas, Ecuador, 091307.

³Universidad Estatal Península de Santa Elena. Avenida principal La Libertad - Santa Elena, La Libertad, Ecuador, 240207.

RESUMEN: El presente estudio evaluó el efecto bioestimulante de la espirulina (*Arthrospira platensis*) en el desarrollo temprano de plántulas de arroz (*Oryza sativa*), bajo un diseño completamente al azar con cinco tratamientos: T1 (100 %), T2 (75 %), T3 (50 %), T4 (25 %) y T5 (control, 0 %). Las semillas fueron sembradas en macetas para que rompan su dormancia, recibiendo aplicaciones de espirulina en los días 0, 5, 10 y 15 días posterior a la siembra. Se evaluó la tasa de germinación, longitud radicular, altura, índice de vigor IV, biomasa fresca y seca. Los resultados mostraron que la espirulina favoreció significativamente la germinación ($\geq 93\%$), con el máximo en T1 (97 %). El desarrollo radicular alcanzó 16 cm en T1 frente a 9 cm en el control. La altura fue mayor en T1 y T2 (20 y 19 cm respectivamente), al igual que el índice de vigor IV, destacando T1 (3492,00). En biomasa, T1 presentó los valores más altos (fresca: 6,57 g; seca: 2,70 g), superando al control (3,85 g y 1,42 g). La materia seca se mantuvo estable en tratamientos con espirulina ($\approx 41\%$), superior al control (36,90 %). Concluyendo que *A. platensis* es un bioestimulante eficaz, con efectos dosis-dependientes, recomendada su aplicación en etapas tempranas de desarrollo para establecer el umbral óptimo de su uso.

Palabras clave: biomasa, cianobacteria, desarrollo, germinación.

ABSTRACT: The study evaluated the biostimulant effect of spirulina (*Arthrospira platensis*) on the early development of rice seedlings (*Oryza sativa*), under a completely randomized design with five treatments: T1 (100 %), T2 (75 %), T3 (50 %), T4 (25 %), and T5 (control, 0 %). The seeds were sown in pots to break dormancy and received applications of spirulina on days 0, 5, 10, and 15 after sowing. Germination rate, root length, height, vigor index IV, and fresh and dry biomass were evaluated. The results showed that spirulina significantly favored germination ($\geq 93\%$), with the maximum in T1 (97 %). Root development reached 16 cm in T1 compared to 9 cm in the control. Height was greater in T1 and T2 (20 and 19 cm respectively), as was vigor index IV, with T1 standing out (3492). In terms of biomass, T1 had the highest values (fresh: 6.57 g; dry: 2.7 g), exceeding the control (3.85 g and 1.42 g). Dry matter remained stable in treatments with spirulina ($\approx 41\%$), higher than the control (36.9 %). Concluding that *A. platensis* is an effective biostimulant, with dose-dependent effects, its application is recommended in early stages of development to establish the optimal threshold for its use.

Key words: biomass, cyanobacteria, development, germination.

*Autor para correspondencia: acastillor2@unemi.edu.ec

Recibido: 08/08/2025

Aceptado: 03/11/2025

Conflictos de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución de autores: **Conceptualización:** José Humberto Vera Rodríguez, Ángel Gabriel Castillo-Riofrío. **Investigación:** Ángel Gabriel Castillo-Riofrío, Alberto Gabriel González Rodríguez, **Supervisión:** José Humberto Vera Rodríguez. **Escritura del borrador:** Alberto Gabriel González Rodríguez. **Escritura revisión y edición:** Rocío Maribel Yagual De La Cruz. **Curación de datos:** Rocío Maribel Yagual De La Cruz.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

La producción de arroz (*Oryza sativa*) es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria a nivel global, ya que constituye uno de los principales cultivos básicos en la dieta de millones de personas en el mundo (1). Sin embargo, la creciente presión de factores ambientales, como la degradación de los suelos agrícolas, el cambio climático y el uso excesivo de fertilizantes químicos, ha generado la necesidad de buscar alternativas sostenibles que promuevan el crecimiento y desarrollo de los cultivos de manera amigable con el medio ambiente (2).

En este contexto, los bioestimulantes han emergido como una herramienta innovadora y prometedora para mejorar el desempeño fisiológico de las plantas. Los bioestimulantes son sustancias o microorganismos que, al ser aplicados en las plantas, estimulan procesos naturales, mejorando su eficiencia en el uso de nutrientes, la tolerancia a estrés abiótico y la calidad del cultivo (3). Dentro de esta categoría, la espirulina (*Arthrospira platensis*), una cianobacteria ampliamente conocida por su alto contenido de nutrientes, ha captado la atención por su potencial bioestimulante en la agricultura (4).

La espirulina es rica en proteínas, aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos como ficocianina y ácidos grasos esenciales, que pueden favorecer el crecimiento de las plantas (5). Según investigaciones recientes, la aplicación de espirulina en cultivos agrícolas ha demostrado efectos positivos, como el incremento de la biomasa (6), la mejora del desarrollo radicular y la resistencia al estrés abiótico (7). Estos efectos están relacionados con su capacidad para estimular rutas metabólicas fundamentales en las plantas (8).

Durante el desarrollo inicial del cultivo, el arroz depende de un adecuado desarrollo de raíces y hojas para garantizar una eficiente absorción de agua y nutrientes, así como una adecuada fotosíntesis (9). Por ello, explorar el uso de espirulina como bioestimulante representa una oportunidad para optimizar el crecimiento inicial del arroz, reduciendo la dependencia de productos químicos y fomentando prácticas agrícolas sostenibles. El presente estudio se enfoca en evaluar el efecto bioestimulante de la espirulina sobre la fase vegetativa del cultivo de arroz, etapa plántula (18 días), una de las etapas fenológicas crítica para el establecimiento del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y Duración del Ensayo

El desarrollo del estudio se llevó a cabo en los exteriores del laboratorio de Biotecnología de la Facultad Ciencias e Ingenierías de la Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), ubicada en el Km 1,5 vía Milagro - Virgen de Fátima, del cantón Milagro, Ecuador dentro de las coordenadas 2°08'26.1"S 79°35'36.4"W. El estudio tuvo una duración de 18 días.

Manejo del Ensayo

El experimento se realizó utilizando semillas hibridas de arroz del cultivar SFL-11, lote 387711 marca AGRIPAC®, sus características se describen en la tabla 1. Las semillas fueron sometidas a un proceso de pregerminado sumergidas en agua durante 48 horas para que rompan su dormancia y uniformizar la germinación y, posteriormente, sembradas a profundidad de 2,50 cm en macetas plásticas individuales con dimensiones (25 x 35 cm) de 2 Kg de capacidad, las mismas que fueron llenadas con suelo de sembrado libre de hojarasca y previamente humedecida con agua. Se utilizó espirulina líquida producida en los laboratorios de (UNEMI) a una concentración de 1 g L⁻¹. Las soluciones de los tratamientos se aplicaron con frecuencia de 0, 5, 10 y 15 días después de la siembra (DDS) y las variables evaluadas hasta los 18 (DDS).

Tabla 1. Características de la semilla hibrida de arroz SFL-11 AGRIPAC®.

Rendimiento en riego	7 (t ha)
Rendimiento en secano	6 (t ha)
Vigor	Moderadamente alto
Macollamiento	Alto
Ciclo vegetativo	120 (días)
Tipo de grano	7,5 mm
Índice de pilado	69 %
Desgrane	Intermedio
Contenido de amilosa	30,5 %
Latencia de semillas	6 semanas
Tolerante	Quemazón (<i>Pyricularia oryzae</i>); Manchado de grano; <i>Sarocladium oryzae</i> ; Hoja blanca; <i>Rhizoctonia solani</i>
Moderadamente susceptible	Acame. Pero bajo condiciones de manejo recomendadas no presenta problemas de acame

Diseño Experimental

El estudio se basó bajo un diseño completamente al azar (DCA). Se establecieron cinco tratamientos correspondientes a distintas concentraciones de *A. platensis* v/v agua: T1 (100 %), T2 (75 %), T3 (50 %), T4 (25 %) y T5 control (solo agua). Cada tratamiento contó con 10 repeticiones estableciendo un total de 50 unidades experimentales. A cada bandeja se sembraron tres semillas de arroz en un mismo hoyo, siendo consideradas como unidad experimental.

Variables evaluadas

Al día 18 después de la siembra se evaluaron las siguientes variables tomado en consideración las sugerencias de algunos autores (10, 11).

Porcentaje de Germinación (%)

Esta variable permitió cuantificar la eficiencia germinativa de las semillas bajo los diferentes tratamientos. se determinó mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Germinación} = \left(\frac{\text{No. Semillas Germinadas}}{\text{No. Total de Semillas Sembradas por U.E.}} \right) \times 100$$

Longitud radicular (cm)

Se midió con una regla metálica graduada, desde el inicio del mesocotilo hasta el extremo distal de la raíz principal. Para evaluar este parámetro se extrajo con mucho cuidado la planta sin romper las raíces, se lavaron cuidadosamente las raíces con agua para retirar el sustrato y luego para absorber el exceso de humedad se utilizó papel absorbente.

Altura de la Plántula (cm)

Se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más desarrollada, empleando una regla metálica graduada.

Índice de Vigor (IV)

Se obtuvo una vez calculado el promedio de longitud por tratamiento, el valor obtenido, fue multiplicado por el porcentaje de germinación correspondiente mediante la fórmula:

$$IV = \text{Germinación}(\%) \times \text{Longitud de la plántula}(cm)$$

Biomasa fresca, biomasa seca y biomasa total

La biomasa fresca se obtuvo al pesar las plántulas completas correspondiente a cada tratamiento mediante el uso de una balanza analítica de precisión Bektron BK-JNB100001. Posteriormente, las muestras se secaron en una mufla a 70 °C durante 8 horas a temperatura constante para eliminar su contenido de agua, con lo cual se determinó la biomasa seca. El porcentaje de materia seca se calculó para conocer el contenido sólido, según la relación:

$$\% \text{ Materia Seca} = \left(\frac{\text{Biomasa Seca}}{\text{Biomasa Fresca}} \right) \times 100$$

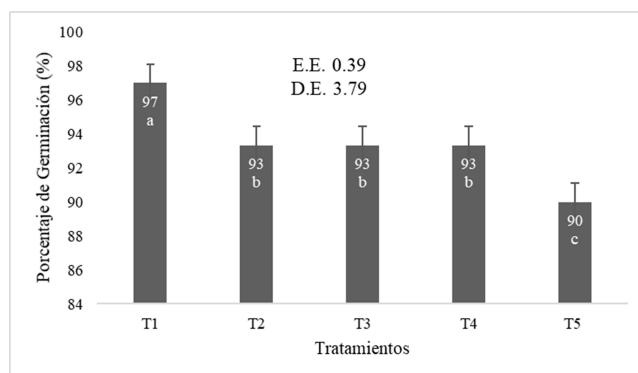
Análisis estadístico

Para el análisis de los datos, se utilizó un análisis de varianza simple (ANOVA), lo que permitió determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos. En variables donde se detectaron diferencias, se aplicó la prueba de Duncan con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Este análisis estadístico fue realizado utilizando el software InfoStat, versión 2020.

RESULTADOS

Porcentaje de Germinación

En la Figura 1 se presentan los resultados del porcentaje de germinación de las semillas de arroz bajo cinco tratamientos con concentraciones diferentes de *A. platensis* para evaluar su efecto bioestimulante (T1, T2, T3, T4) y un (T5) como control.



Concentración *A. platensis* v/v T1 (100 %), T2 (75 %), T3 (50 %), T4 (25 %) y T5 control (agua); E.E. error estándar; D.E. desviación estándar; a, b, c, d letras diferentes indican diferencias significativas estadísticamente

Figura 1. Porcentaje de germinación de las semillas de arroz

El tratamiento (T1) con la mayor concentración de *A. platensis* (100 % v/v) alcanzó el valor más alto de germinación (97%). Estos resultados indican que el efecto de la cianobacteria es dosis-dependiente, favoreciendo la viabilidad y el vigor germinativo de las semillas a concentraciones más elevadas con respecto al resto de tratamientos y ratificado con el tratamiento control.

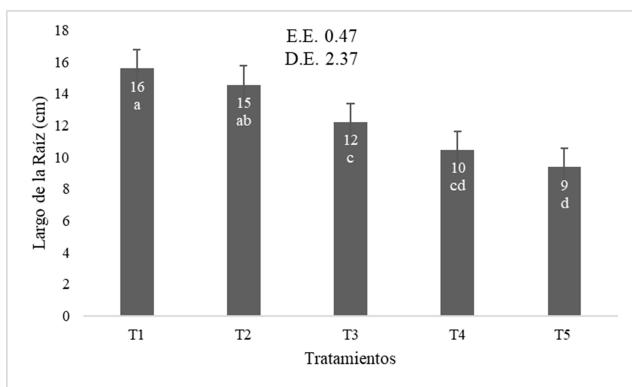
Largo Radicular

La Figura 2 presenta los resultados de la longitud promedio de plántulas de arroz en (cm) bajo cuatro tratamientos con concentraciones diferentes de *A. platensis* como bioestimulante (T1, T2, T3, T4) y un (T5) como control, evaluada a los 18 días después de la siembra.

El tratamiento T1 (100 % espirulina) registró la mayor longitud radicular promedio (16 cm). En contraste, los tratamientos con menores dosis (T4: 25 %) y el control (T5: agua) mostraron longitudes significativamente inferiores (10 y 9 cm respectivamente). El análisis estadístico mediante la prueba de Duncan confirmó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos con mayores concentraciones de espirulina a diferencia del control, lo que respalda la hipótesis del efecto bioestimulante del extracto sobre el crecimiento radicular.

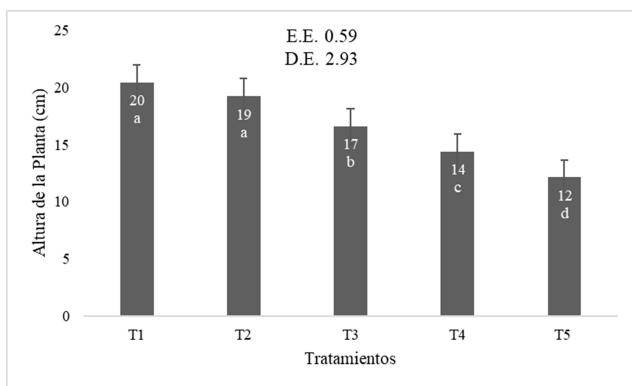
Altura de la Planta

La Figura 3 presenta los resultados de la altura promedio de plántulas de arroz en (cm) bajo cinco tratamientos con concentraciones diferentes de *A. platensis* v/v como bioestimulante (T1, T2, T3, T4) y T5 (control) al evaluarse durante el día 18 DDS.



Concentración *A. platensis* v/v T1 (100 %), T2 (75 %), T3 (50 %), T4 (25 %) y T5 control (agua); E.E. error estándar; D.E. desviación estándar; a, b, c, d letras diferentes indican diferencias significativas estadísticamente

Figura 2. Resultados de la variable largo de la raíz



Concentración *A. platensis* v/v T1 (100 %), T2 (75 %), T3 (50 %), T4 (25 %) y T5 control (agua); E.E. error estándar; D.E. desviación estándar; a, b, c, d letras diferentes indican diferencias significativas estadísticamente

Figura 3. Resultados de la variable altura de la plántula

Los tratamientos con mayor concentración de *A. platensis* (T1 y T2) lograron las mayores alturas promedio de plántula, con 20 y 19 cm respectivamente, formando un grupo estadístico diferenciado en la prueba de Duncan versus el tratamiento control. Por otro lado, los tratamientos con menor concentración (T3 y T4) presentaron alturas intermedias, mientras que el grupo control (T5) obtuvo la menor altura promedio (12 cm), lo que confirma la baja capacidad de crecimiento del arroz en ausencia de *A. platensis*.

Índice de Vigor (IV)

La tabla 2 presenta los resultados del (IV) de plántulas de arroz bajo cinco tratamientos con concentraciones diferentes de *A. platensis* como bioestimulante v/v (T1, T2, T3, T4) y un (T5) como control.

El tratamiento T1 (100 %) presentó el mayor valor de (IV) con (3492,00), lo que sugiere que la aplicación completa del bioestimulante permitió un crecimiento más acelerado y vigoroso de las plántulas de arroz.

Tabla 2. Resultados obtenidos para la variable Índice de Vigor (IV)

Tratamientos	Índice de Vigor (IV)
T1	3492,00
T2	3152,80
T3	2687,10
T4	2317,50
T5	1920,60

Concentración *A. platensis* v/v T1 (100 %), T2 (75 %), T3 (50 %), T4 (25 %) y T5 control (agua)

Biomasa fresca, biomasa seca y materia seca

La Tabla 3 presenta los resultados de las variables biomasa fresca en gramos (g), biomasa seca (g) y materia seca (%) de plántulas de arroz bajo cinco tratamientos con concentraciones diferentes de *A. platensis* como bioestimulante (T1, T2, T3, T4) y un (T5) como control.

Tabla 3. Resultados obtenidos de biomasa fresca, biomasa seca y materia seca

Tratamientos	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Materia Seca (%)
T1	6,57	2,70	41,10
T2	6,29	2,60	41,30
T3	5,39	2,22	41,20
T4	4,82	1,84	38,20
T5	3,85	1,42	36,90

Concentración *A. platensis* v/v T1 (100 %), T2 (75 %), T3 (50 %), T4 (25 %) y T5 control (agua)

Se observa que el tratamiento con la mayor concentración de espirulina (T1 100 %) presentó la biomasa fresca más alta (6,57 g). En cuanto a la biomasa seca, se observó una tendencia similar a la de la biomasa fresca. El tratamiento T1 alcanzó el valor más alto (2,70 g), seguido por T2 (2,60 g) y T3 (2,22 g). En términos de porcentaje de materia seca, los tratamientos T1, T2 y T3 mantuvieron valores relativamente constantes (41,10 - 41,30 %).

DISCUSIÓN

Algunos autores sugieren que existen factores ambientales o intrínsecos que pueden influir en la capacidad germinativa de la semilla de arroz (12). El incremento observado en la germinación puede atribuirse a la presencia de compuestos bioactivos en la biomasa de *A. platensis*; resultados similares reportaron una mejora significativa en la germinación de cultivos como trigo y tomate tras la aplicación de extractos de espirulina, atribuyéndolo al efecto sinérgico de estos compuestos sobre la activación enzimática y la síntesis proteica durante la fase de imbibición (13, 14).

El aumento de la longitud de raíz en respuesta a mayor concentraciones de espirulina v/v (100, 75 y T3 %) concuerda con lo publicado, en donde se atribuye que este efecto es dado gracias a la presencia de compuestos bioactivos en las microalgas, los cuales favorecen la elongación celular y la diferenciación de tejidos radiculares (15).

Estudios respaldan los beneficios del uso de espirulina por su alto contenido de compuestos metabólicos, reportando incrementos significativos en la biomasa aérea y radicular en cultivos tratados con extractos de esta microalga (16). De manera similar, se ha observado que la aplicación de bioproductos derivados de microalgas mejora el metabolismo fotosintético y la asimilación de nutrientes, lo que se traduce en un crecimiento más vigoroso de la planta (7).

Estudios previos en cultivo de tomate se ha demostrado que la presencia de microalgas como biofertilizantes puede mejorar la tasa de germinación, aumentar la actividad enzimática y optimizar la absorción de nutrientes esenciales, favoreciendo así un mayor vigor en las etapas tempranas del cultivo (17).

A. platensis no solo incrementa la retención de agua en los tejidos, sino que también estimula la acumulación de materia estructural. Este efecto podría estar relacionado con la capacidad de la microalga para inducir la síntesis de proteínas, carbohidratos y metabolitos secundarios asociados al crecimiento (18). Reportes han demostrado que la aplicación de extractos de microalgas en cultivos de guisantes incrementó significativamente la producción de biomasa y la eficiencia fotosintética, al mejorar la actividad enzimática y la captación de nutrientes (19), así como que al mejorar el desarrollo de plántulas de maíz en su etapa inicial con el uso de espirulina (20), y esto se debe a su gran contenido de compuestos bioactivos que la hacen beneficiosa en el campo biotecnológico para el uso en la agricultura (21).

Otro autor indica que la *A. platensis* favorece la germinación de semillas de arroz por su alta concentración de proteínas, fenoles y flavonoides lo que influye significativamente sobre el estado fisiológico de las semillas (22). El incremento en el rendimiento y la productividad de los cultivos puede ser mejorado con el uso de cianobacterias del género *Arthrospira*, sus actividades biológicas en procesos fisiológicos como la germinación, el desarrollo del sistema radical y el aumento del rendimiento (23).

CONCLUSIONES

La aplicación de *A. platensis* evidenció un efecto bioestimulante significativo sobre la germinación y el crecimiento temprano de plántulas de arroz (*Oryza sativa*) del cultivar SFL-11. Todos los tratamientos con espirulina superaron el 93 % de germinación, destacándose el tratamiento T1 (100 %) como el más eficiente para todas las variables evaluadas.

Estos resultados sugieren que los compuestos bioactivos de la espirulina (fitohormonas, aminoácidos y pigmentos) promueven su desarrollo, consolidando su potencial como bioestimulante natural sostenible para optimizar la germinación y productividad del arroz, reduciendo la dependencia de insumos químicos convencionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Minello LVP, Kuntzler SG, Lamb TI, Neves C de O, Berghahn E, da Paschoa RP, et al. Rice plants treated with biochar derived from Spirulina (*Arthrospira platensis*) optimize resource allocation towards seed production. *Front Plant Sci* [Internet]. 2024;15:1422935. Available from: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1422935>
- Arahou F, Lijassi I, Wahby A, Rhazi L, Arahou M, Wahby I. Spirulina-based biostimulants for sustainable agriculture: Yield improvement and market trends. *BioEnergy Res* [Internet]. 2023;16(3):1401-16. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12155-022-10537-8>
- Godlewska K, Michalak I, Pacyga P, Baśladyska S, Chojnacka K. Potential applications of cyanobacteria: Spirulina platensis filtrates and homogenates in agriculture. *World J Microbiol Biotechnol* [Internet]. 2019;35(6):80. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2653-6>
- El-Shazoly RM, Aloufi AS, Fawzy MA. The potential use of arthrospira (*Spirulina platensis*) as a biostimulant for drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) for sustainable agriculture. *J Plant Growth Regul* [Internet]. 2025;44(2):686-703. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00344-024-11473-x>
- Ali S, Yu J, Qu Y, Wang T, He M, Wang C. Potential Use of Microalgae Isolated from the Natural Environment as Biofertilizers for the Growth and Development of Pak Choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*). *Agriculture* [Internet]. 2025;15(8):863. Available from: <https://doi.org/10.3390/agriculture15080863>
- Bauenova MO, Sarsekeyeva FK, Sadvakasova AK, Kossalbayev BD, Mammadov R, Token AI, et al. Assessing the efficacy of cyanobacterial strains as *Oryza sativa* growth biostimulants in saline environments. *Plants* [Internet]. 2024;13(17):2504. Available from: <https://doi.org/10.3390/plants13172504>
- Refaay DA, El-Marzoki EM, Abdel-Hamid MI, Haroun SA. Effect of foliar application with *Chlorella vulgaris*, *Tetraselmus dimorphus*, and *Arthrospira platensis* as biostimulants for common bean. *J Appl Phycol* [Internet]. 2021;33(6):3807-15. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02584-z>
- Arahou F, Hassikou R, Arahou M, Rhazi L, Wahby I. Influence of culture conditions on *Arthrospira platensis* growth and valorization of biomass as input for sustainable agriculture. *Aquac Int* [Internet]. 2021;29(5):2009-20. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00730-5>
- Llerena-Ramos LT, Rodríguez-Rodríguez S, Reyes-Pérez JJ, López-Álvarez S, Jiménez-Pizarro M, Espinosa-Palomeque B. Microorganismos benéficos y compost líquido enriquecido con silicio: Alternativas para la producción agroecológica del cultivo de arroz. *Terra Latinoam* [Internet]. 2025;43. Available from: <https://doi.org/10.28940/terra.v43i.2108>
- Santoya Castro YO, González Gómez LG, Jiménez Arteaga MC, Paz Martínez I, Falcón Rodríguez A. Efecto del Quitomax sobre las principales variables asociadas al rendimiento en el cultivo del arroz Variedad IACUBA 41. *CCT* [Internet]. 2024 Dec. 1 [cited 2025 Nov. 23];2(2). Available from: <https://cct-uleam.info/index.php/chone-ciencia-y-tecnologia/article/view/111>

11. Peroza Sierra J, Peña-Murillo F, Perez Cordero C, López Mendoza J, Hernández Guzmán L. Efectos de seis sistemas de labranza en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el valle del Sinú en Colombia. Temas Agrarios [Internet]. 2024 [citado 23 Nov 2025];29(1):31. Available from: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/issue/view/259/64>
12. Prasetyo T, Setiani C, Wulanjari ME. Cost efficiency and farmers' profit in using certified rice seeds and non-certified rice seeds in rainfed rice field. In: E3S Web of Conferences [Internet]. EDP Sciences; 2022. p. 2027. Available from: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202236102027>
13. Elnajar M, Eltanahy E, Abdelmoteleb M, Aldesuquy H. Enhancing drought resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings by aqueous extract of *Spirulina platensis*. Mansoura J Biol [Internet]. 2023;65(4):24-34. Available from: <https://doi.org/10.21608/mjb.2023.449564>
14. Mostafa MM, Hammad DM, Reda MM, El-Sayed AE-KB. Water extracts of *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* enhance tomato (*Solanum lycopersicum* L.) tolerance against saline water irrigation. Biomass Convers Biorefinery [Internet]. 2024;14(17):21181-91. Available from: <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04460-x>
15. Yousfi S, Marín J, Parra L, Lloret J, Mauri P V. A rhizogenic biostimulant effect on soil fertility and roots growth of turfgrass. Agronomy [Internet]. 2021;11(3):573. Available from: <https://doi.org/10.3390/agronomy11030573>
16. Shedeed ZA, Gheda S, Elsanadily S, Alharbi K, Osman MEH. *Spirulina platensis* biofertilization for enhancing growth, photosynthetic capacity and yield of *Lupinus luteus*. Agriculture [Internet]. 2022;12(6):781. Available from: <https://doi.org/10.3390/agriculture12060781>
17. Pratiwi IW, Rahmawati FA, Samtani K, Atuilah N, Hidayatullah RA, Alfiah NA, et al. Vigor Enhancement of tomato (*Solanum lycopersicum*) using *Spirulina platensis* as seed priming Agent. Biota J Ilm Ilmu Hayati [Internet]. 2025;148-60. Available from: <https://doi.org/10.24002/biotajilmi.10220>
18. Gharib FAEL, Osama K, Sattar AMA El, Ahmed EZ. Impact of *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis salina*, and *Arthrospira platensis* as bio-stimulants on common bean plant growth, yield and antioxidant capacity. Sci Rep [Internet]. 2024;14(1):1398. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50040-4>
19. Ismaiel SAR, Khedr FG, Metwally AG, Soror AFS. Effect of biostimulants on soil characteristics, plant growth and yield of Pea (*Pisum sativum* L.) under field conditions. Plant Sci Today [Internet]. 2022;9:650-7. Available from: <https://doi.org/10.14719/pst.1748>
20. Jerez-Caguana GA, Quiñonez-Portocarrero DK, Macías-Rojas HA, Vera-Rodriguez JH, Lucas-Vidal LR. Efecto bioestimulante de algas (*Arthrospira platensis* y *Durvillaea antarctica*) sobre el desarrollo de plantas de maíz durante la etapa vegetativa V3. Hombre, Cienc y Tecnol [Internet]. 2025;29(2):100-10. Available from: <http://hct.cigetgmo.co.cu/revistahct/index.php/htc/article/view/1511>
21. Palacios-Mayorga AS, Humberto JJJ, Michelle CMC, Mariuxi SMS, David JDJ. Aislamiento, caracterización y producción de *Arthrospira platensis*. Multidiscip Collab J [Internet]. 2025;3(2):13-23. Available from: <https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n2/49>
22. Gutierrez Almeida A, Núñez Vázquez M de la C, Reyes Guerrero Y, Pérez Domínguez G, Martínez González L. Caracterización química y evaluación de la actividad biológica de extractos de *Spirulina*. Cultivos Trop [Internet]. 2025 [citado 23 Nov 2025];46(1):[página(s) faltante(s)]. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362025000100005&lng=es&tlang=es
23. Gutierrez Almeida A, Reyes Guerrero Y, Núñez Vázquez M de la C. Métodos para la obtención de extractos de macroalgas y cianobacterias, evaluación de sus actividades biológicas. Cultivos Tropicales [Internet]. 2024 [citado 23 Nov 2025];45(1):[página(s) faltante(s)]. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362024000100008&lng=es&tlang=es