

Efecto bioestimulante de algas (*Arthrospira platensis* y *Durvillaea antarctica*) sobre el desarrollo de plantas de maíz durante la etapa vegetativa V3

Biostimulant effect of algae (Arthrospira platensis and Durvillaea antarctica) on the development of corn plants during the V3 vegetative stage

Autores:

Gladys Alexandra Jeres-Caguana^{1*}, <https://orcid.org/0000-0001-5332-3725>

Diana Katherine Quiñonez-Portocarrero², <https://orcid.org/0000-0002-1947-560X>

Haidee Azucena Macías-Rojas³, <https://orcid.org/0000-0003-1163-9881>

Jose Humberto Vera-Rodriguez⁴, <https://orcid.org/0000-0003-3027-059X>

Leonel Rolando Lucas-Vidal⁵, <https://orcid.org/0000-0002-2286-9407>

Filiación institucional: ¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo 120550.

²Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Facultad de Ingenierías, Esmeraldas, Ecuador, 080102.

³Instituto Superior Tecnológico La Troncal, Ecuador, 030302.

⁴Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias Agrarias, Santa Elena, Ecuador, 240207.

⁵Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Carrera de ingeniería Ambiental, Manabí, Ecuador, 130250.

E- mail: gladys.jeres2015@uteq.edu.ec

Fecha de recibido: 20 ene. 2025

Fecha de aprobado: 10 mar. 2025

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto bioestimulante de algas *Arthrospira platensis* y *Durvillaea antarctica* sobre el desarrollo del maíz durante la etapa vegetativa V3. Se establecieron dos tratamientos con tres niveles cada uno, y un tratamiento control. Para esto se utilizó semillas de maíz híbrido DK-7088. Se consideró una semilla por unidad experimental y 10 réplicas. La frecuencia de aplicación de los tratamientos se realizó los días (0, 4, 8 y 12). A los 15 días después de la emergencia se evaluó la altura de la planta, número de hojas, largo de hoja, ancho de hoja, diámetro del tallo, largo de la raíz, biomasa fresca, biomasa seca y materia seca. Concluyendo que, la aplicación de bioestimulantes a base de algas, especialmente *Arthrospira platensis* en dosis de 10 mL/planta, mejora significativamente el crecimiento de plantas de maíz híbrido DK-7088 hasta la etapa vegetativa V3.

Palabras clave: Cianobacteria; Espirulina; Microalga; Semilla de maíz

Abstract

The objective was to evaluate the biostimulants effect of algae *Arthrospira platensis* and *Durvillaea antarctica* on the development of corn during the V3 vegetative stage and a control treatment. For this, seeds of hybrid corn DK-7088 were used, sown in a pot with a capacity of 2 kg of soil, one seed per experimental unit and 10 replicates were considered. The application frequencies of the treatments were carried out on days (0, 4, 8 and 12). Fifteen days after emergence, plant height, number of leaves, leaf length, leaf width, stem diameter, root length, fresh biomass, dry biomass and dry matter were evaluated. It was concluded that the application of algae-based biostimulants, especially *Arthrospira platensis* at a dose of 10 mL/plant, significantly improved the growth of DK-7088 hybrid corn plants up to the V3 vegetative stage.

Keywords: Cyanobacteria; Spirulina; Microalgae; Zea mays

Introducción

La producción agrícola moderna enfrenta múltiples desafíos relacionados con la sostenibilidad, la degradación del suelo, y la dependencia de insumos sintéticos (Caicedo-Aldaz & Herrera-Sánchez, 2022). En este contexto, el uso de bioestimulantes naturales ha cobrado gran relevancia por su capacidad de mejorar el rendimiento de los cultivos sin causar impactos negativos al medio ambiente (Espinosa-Antón et al., 2021). Entre estos bioestimulantes, las algas marinas y microalgas han demostrado poseer compuestos bioactivos que promueven el crecimiento vegetal, especialmente en etapas claves del desarrollo (López-Padrón et al., 2020).

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial, tanto por su valor económico como por su papel en la seguridad alimentaria (Rodríguez, Landin, Carreño, et al., 2020). Durante su fase vegetativa, particularmente en la etapa V3 (cuando la planta presenta tres hojas verdaderas), es altamente receptivo a estímulos externos que pueden influir en su crecimiento y desarrollo posterior (Rodríguez, Landin, Galarza, et al., 2020). La estimulación en esta fase puede tener un impacto significativo en el rendimiento final del cultivo (Vera-Rodríguez et al., 2021).

Las algas *Arthrospira platensis* (conocida comúnmente como espirulina) y *Durvillaea antarctica* (una macroalga parda) contienen una amplia variedad de compuestos beneficiosos, como aminoácidos, fitohormonas, polisacáridos, antioxidantes y minerales (Naranjo-Briceño et al., 2010; Quitral et al., 2012). Estos componentes tienen efectos positivos en la fisiología vegetal, como la estimulación del sistema radicular, la fotosíntesis, y la resistencia al estrés abiótico (Espinosa-Antón et al., 2020).

Numerosos estudios han demostrado que los extractos de algas pueden actuar como bioestimulantes al influir en mecanismos hormonales de las plantas, favoreciendo un crecimiento más vigoroso y una mayor absorción de nutrientes (Saborío, 2002). *A. platensis*, una microalga rica en proteínas, aminoácidos esenciales, vitaminas y fitohormonas como las auxinas y citoquininas, ha sido utilizada en estudios que evidencian su capacidad para promover el crecimiento vegetal, mejorar la fotosíntesis y aumentar la tolerancia al estrés hídrico en cultivos como tomate, lechuga y trigo (López-Padrón et al., 2020). Por otro lado, *D. antarctica*, una macroalga parda endémica de las costas del Pacífico sur, contiene altos niveles de ácido algínico, manitol, laminarina y compuestos fenólicos, los cuales han

mostrado efectos positivos en la germinación, el desarrollo radicular y la resistencia a condiciones salinas en plantas como rabanito y cebolla(Bula-Meyer, 2004).

La aplicación de bioestimulantes a base de algas durante etapas tempranas del crecimiento del maíz, podría representar una estrategia eficiente para mejorar la salud de la planta, optimizar su crecimiento inicial y aumentar su capacidad de adaptación frente a condiciones adversas(Hernández & Groppa, 2023). Ambos organismos actúan modulando procesos fisiológicos claves, lo que respalda su uso como alternativas sostenibles a los fertilizantes y reguladores de crecimiento tradicionales(López-Padrón et al., 2021). Además, su uso podría disminuir la necesidad de fertilizantes químicos, promoviendo así una agricultura más ecológica y económicamente viable(Uresti-Porras et al., 2024).

Este estudio se enfoca en evaluar el efecto bioestimulante de algas *Arthrospira platensis* y *Durvillaea antarctica* sobre el desarrollo del maíz durante la etapa V3, con el fin de determinar su impacto en variables morfológicas y fisiológicas. La elección de esta fase crítica responde a la hipótesis de que una intervención temprana puede traducirse en beneficios sostenibles durante el resto del ciclo vegetativo.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El estudio experimental se realizó en el área de invernaderos del Campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) de la provincia de los Ríos dentro de la coordenada 1°5'3"S - 79°30'4" O.

Obtención de los tratamientos

En el laboratorio de biología de la Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas de la UTEQ se produjo la cianobacteria *Arthrospira platenses* en reactores artesanales hasta conseguir la concentración de 1 g/L⁻¹ bajo las condiciones de cultivo ZARROUK a 28 °C y pH 9.8, bajo un fotoperiodo de 12 horas de luz con iluminación LED RGB con una intensidad de 10000 lux y 12 horas de oscuridad, se generó aireación con bombeo constante de 4.2 L/min proporcionada por una bomba marca JAD-SC 7500. También se utilizó un extracto concentrado comercial del alga *Durvillaea antártica* ALGAE SL de Basfoliar®.

Establecimiento de los tratamientos

Se establecieron dos tratamientos con tres niveles cada uno: *Arthrospira platensis* (1; 5 y 10 mL/planta); *Durvillaea antarctica* (1; 5 y 10 mL/planta); un tratamiento control con 10 réplicas. Para esto se utilizó semillas de maíz híbrido DK-7088 DEKALB®, sembradas en maceta con capacidad para 2 Kg de sustrato orgánico, el contenido de este sustrato fue de (N 1 %, P 1 %, K 1 %, Ca 1,9 %, Mg 1 %, Fe 2,9 % y materia orgánica 18,4 %), se consideró sembrar una semilla por maceta (unidad experimental).

La frecuencia de aplicación de los tratamientos se realizó durante los días (0, 4, 8 y 12) de iniciada la siembra. A los 15 días después de la emergencia se evaluaron como variables, la altura de la planta, número de hojas, largo de hoja, ancho de hoja, diámetro del tallo, largo de la raíz, biomasa fresca, biomasa seca y materia seca.

Diseño estadístico y procesamiento de datos

El experimento se efectuó bajo un diseño completamente al azar DCA, con un análisis de varianza simple ANOVA y para las diferencias significativas se aplicó la prueba de medias según Duncan con ($p \leq 0,05$) de probabilidad de error. El procesamiento de datos se lo realizó en el paquete estadístico InfoStat versión 2020.

Resultados

Se evaluó el efecto de dos tipos de bioestimulantes: *Arthrospira platensis* y *Durvillaea antarctica*, aplicados en tres concentraciones (1, 5 y 10 mL/planta), en comparación con un grupo control, sobre diferentes variables de crecimiento vegetal (maíz). Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante un ANOVA y prueba de comparación múltiple Tukey, y se identificaron diferencias significativas entre tratamientos (tabla 1).

Tabla 1. Respuesta del crecimiento vegetal en plantas de maíz a la aplicación de bioestimulantes de algas (*A. platensis* y *D. antarctica*) bajo tres concentraciones

Variable	<i>Arthrospira platensis</i>			<i>Durvillaea antarctica</i>			Control	E.E.
	(mL/planta)			(mL/planta)				
	1	5	10	1	5	10		
Altura de la planta (cm)	31,90c	41,70b	46,70a	29,20d	40,40b	45,60 ^a	19,00e	0,61
Número de hojas	3,20c	3,40bc	4,20a	3,00cd	3,10c	3,60b	2,70d	0,13
Largo de hoja (cm)	31,40c	36,00b	40,30a	32,50c	35,90b	39,20 ^a	29,60	0,61
Ancho de hoja (cm)	2,87cd	3,09b	3,33a	2,72d	3,02bc	3,16ab	2,74d	0,07

Diámetro del tallo (cm)	2,85cd	3,07b	3,31a	2,70d	3,00bc	3,14ab	2,72d	0,07
Largo de la raíz (cm)	29,10abc	30,30ab	31,30a	27,50c	28,20bc	29,30abc	22,70	0,80

Medias con una letra común por fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En cuanto a la altura de la planta, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. El tratamiento con *A. platensis* a 10 mL/planta presentó la mayor altura promedio (46,70 cm), seguido por *D. antarctica* a la misma dosis (45,60 cm), ambos significativamente superiores al control (19,00 cm). Esto sugiere un fuerte efecto estimulante del crecimiento vertical, especialmente a mayores concentraciones.

Respecto al número de hojas, los valores más altos también se encontraron en el tratamiento con *A. platensis* a 10 mL/planta (4,20 hojas), siendo significativamente superior al control (2,70 hojas). Aunque los tratamientos con *D. antarctica* mostraron una ligera mejora respecto al control, su efecto fue menos pronunciado, lo que indica una menor eficacia en este parámetro.

En el largo de hoja, nuevamente se evidenció una tendencia creciente con el aumento en la concentración del bioestimulante. Los tratamientos con 10 mL/planta de ambas algas produjeron las hojas más largas, destacando *A. platensis* con 40,30 cm. Esto demuestra que ambos bioestimulantes pueden favorecer el desarrollo foliar, siendo más notable el efecto de *A. platensis*.

De manera similar, el ancho de hoja y el diámetro del tallo también respondieron positivamente a la aplicación de los bioestimulantes. *A. platensis* a 10 mL/planta logró los mayores promedios en ambas variables (3,33 cm de ancho de hoja y 3,31 cm de diámetro de tallo), mostrando diferencias significativas con el resto de los tratamientos y el control. Esto sugiere un fortalecimiento estructural de la planta, asociado al uso del bioestimulante.

Finalmente, en cuanto al largo de la raíz, si bien las diferencias no fueron tan marcadas como en otras variables, se observó un efecto favorable en los tratamientos con *A. platensis*, alcanzando un valor máximo de 31,30 cm con 10 mL/planta. El control, por otro lado, presentó la menor longitud radicular (22,70 cm), lo que refleja que la estimulación de raíces también forma parte de los beneficios del bioestimulante.

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos en las variables de biomasa fresca, biomasa seca y porcentaje de materia seca, reflejan el efecto positivo de los bioestimulantes a base de algas sobre la acumulación de masa vegetal, siendo más notorio a mayor concentración.

Tabla 2. Efecto de la aplicación de bioestimulantes a base de algas (*A. platensis* y *D. antarctica*) sobre la biomasa fresca, biomasa seca y contenido de materia seca en plantas de maíz híbrido DK-7088

TRATAMIENTOS mL/planta	Variables		
	Biomasa fresca (g)	Biomasa seca (g)	Materia Seca (%)
<i>Arthrospira</i> <i>platensis</i>	1	45	8
	5	44	9
	10	46	10
<i>Durvillaea</i> <i>antarctica</i>	1	45	8
	5	39	8
	10	46	10
Control	40	6	15

Los tratamientos con *Arthrospira platensis* y *Durvillaea antarctica* a 10 mL/planta alcanzaron el mayor valor de biomasa fresca (46 g), superando al control (40 g). Esto indica que ambos bioestimulantes provocan un crecimiento general de tejidos vegetativos, favoreciendo la acumulación de agua y tejidos estructurales. A dosis menores (1 y 5 mL/planta), los valores se mantuvieron estables para *A. platensis* (45-44 g), mientras que en *D. antarctica* se observó una ligera disminución a 5 mL/planta (39 g), lo que sugiere que esta alga puede requerir una concentración mínima óptima para expresar su efecto.

La biomasa seca, que representa la fracción de tejido vegetal sin agua, aumentó progresivamente con la dosis en *A. platensis* (8 g → 10 g) y también en *D. antarctica* (8 g → 10 g a 10 mL/planta). Este aumento confirma que el efecto de los bioestimulantes no solo está asociado a la retención de agua, sino también al desarrollo de tejidos estructurales y metabólicamente activos.

El porcentaje de materia seca es un indicador del contenido real de tejido en relación con la biomasa total. En *A. platensis*, este porcentaje incrementó conforme aumento de la dosis (18% → 22%), lo que implica una mayor eficiencia en la formación de tejido seco. *D.*

antarctica mostró una tendencia similar, aunque con una ligera disminución a 5 mL/planta (21% con menor biomasa fresca), posiblemente debido a variaciones en la absorción hídrica o la tasa de transpiración.

El control tuvo el valor más bajo (15%), indicando menor desarrollo fisiológico de los tejidos en ausencia de bioestimulantes.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran claramente el potencial de los bioestimulantes a base de microalgas, en especial *Arthrospira platensis*, para promover el desarrollo morfológico de las plantas de maíz híbrido DK-7088 hasta la etapa vegetativa V3. El tratamiento con *A. platensis* a una dosis de 10 mL/planta mostró mejoras significativas en todas las variables analizadas: altura de planta, número de hojas, largo y ancho de hoja, diámetro del tallo, longitud de raíz, biomasa fresca, biomasa seca y materia seca. Esto sugiere que este bioestimulante actúa de manera integral, favoreciendo tanto el crecimiento aéreo como subterráneo de las plantas.

Como indica Gonzalo et al. (2020), el aumento significativo en la altura de las plantas podría deberse a la presencia de fitohormonas naturales como auxinas y giberelinas en las microalgas, especialmente en *A. platensis*, que han sido ampliamente documentadas como promotoras del crecimiento en altura al inducir la elongación celular.

La producción foliar puede estar influenciada por la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno y magnesio, esenciales para la síntesis de clorofila y proteínas, según Ortiz-Moreno et al., (2012) están presentes en mayores concentraciones en *A. platensis*; esto explicaría su mayor eficacia en la generación de biomasa foliar.

En el largo de hoja, su resultado puede asociarse al contenido de compuestos bioactivos como polisacáridos sulfatados en las algas, los cuales pueden mejorar la retención de agua y la expansión celular en los tejidos foliares (Llopiz, 2016).

El incremento observado en el ancho de hoja en plantas tratadas con *A. platensis* puede atribuirse a la presencia de compuestos osmoprotectores y reguladores del crecimiento en este bioestimulante, los cuales favorecen la expansión celular. Estos datos son consistentes con los de Edwin et al. (2022) quienes sostienen que, entre estos compuestos se encuentran

aminoácidos, azúcares y fitohormonas como las citocininas, que han sido asociadas a una mayor proliferación celular en hojas, contribuyendo a un mayor tamaño foliar.

El aumento del diámetro del tallo sugiere un fortalecimiento de los tejidos vasculares y de sostén, probablemente estimulado por la acción de macro y micronutrientes esenciales presentes en *A. platensis*, como calcio, potasio y silicio. Estos elementos no solo promueven la formación de paredes celulares más robustas, sino que también estimulan la síntesis de lignina, resultando en tallos más gruesos y resistentes (Rendón et al., 2024).

El fortalecimiento estructural podría estar relacionado con una mayor disponibilidad de microelementos como calcio y silicio, promovidos por los extractos de algas, que contribuyen a la lignificación y al desarrollo de tejidos de sostén en la planta (Aguilar-Carpio et al., 2022).

La mejora en el desarrollo radicular puede estar influida por la estimulación de la producción de ácido indolacético (AIA) por parte de los extractos de *A. platensis* como lo sostiene Veobides-Amador et al. (2018), lo cual favorece la formación de raíces laterales y el alargamiento de la raíz principal.

El incremento en biomasa fresca observado en los tratamientos con *Arthrospira platensis* y *Durvillaea antarctica* a 10 mL/planta puede explicarse por el efecto estimulante de las microalgas sobre el metabolismo primario de las plantas, en particular la fotosíntesis. Este aumento en la masa fresca indica una mayor acumulación de agua y una rápida proliferación celular, lo cual es característico de los efectos de fitohormonas naturales como las giberelinas y citocininas presentes en las microalgas (Zermeño-González et al., 2015). Estos compuestos favorecen la expansión celular y el desarrollo de tejidos vegetativos.

La mejora progresiva en la biomasa seca con el aumento de la dosis de los bioestimulantes sugiere una estimulación en la síntesis de estructuras vegetales estables, como paredes celulares, tejidos vasculares y compuestos orgánicos de reserva. Este efecto podría estar asociado al alto contenido de nitrógeno, aminoácidos y antioxidantes en *A. platensis*, que promueven la formación de proteínas y compuestos estructurales esenciales para el desarrollo vegetal. Además, una mayor biomasa seca es un indicador de eficiencia metabólica y de mayor fijación de carbono por parte de la planta.

El aumento en el porcentaje de materia seca refleja una mayor proporción de tejido estructural en relación con el contenido de agua, lo que puede indicar plantas más robustas y

adaptadas a condiciones de estrés. Este resultado sugiere que los compuestos bioactivos presentes en las microalgas no solo estimulan el crecimiento, sino que también favorecen una mayor acumulación de sólidos totales en la planta, optimizando el uso de nutrientes y agua. Los polisacáridos sulfatados y minerales como el potasio y el calcio presentes en *A. platensis* y *D. antarctica* podrían estar involucrados en este mecanismo, mejorando la turgencia y la integridad celular (Carvajal-Millán et al., 2023).

La eficacia de *A. platensis* puede explicarse por su perfil nutricional y bioquímico altamente beneficioso. Esta microalga es rica en macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio), micronutrientes (hierro, calcio, magnesio), aminoácidos esenciales, vitaminas del complejo B y compuestos bioactivos como las ficobiliproteínas, polisacáridos sulfatados y antioxidantes (Salcedo-Martínez et al., 2019). Además, su capacidad para sintetizar fitohormonas naturales como auxinas, giberelinas y citocininas favorece directamente procesos clave como la división y elongación celular, la expansión foliar, la diferenciación de tejidos vasculares y el desarrollo radicular.

En contraste, aunque *Durvillaea antarctica* también mostró efectos positivos, estos fueron menos pronunciados, lo que podría deberse a diferencias en la composición química o a una menor disponibilidad de compuestos bioactivos en su extracto. Aun así, su inclusión como bioestimulante representa una alternativa ecológica viable, con beneficios moderados en ciertas variables del crecimiento vegetal.

En conjunto, estos hallazgos respaldan el uso de bioestimulantes derivados de algas como herramientas sustentables para mejorar el rendimiento y vigor de cultivos agrícolas, particularmente en contextos donde se busca reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos.

Conclusiones

Los resultados indican que la aplicación de bioestimulantes a base de algas, especialmente *Arthrospira platensis* en dosis de 10 mL/planta, mejora significativamente el crecimiento de plantas de maíz híbrido DK-7088 hasta la etapa vegetativa V3. Estos hallazgos respaldan el potencial de uso de estos extractos como herramienta biotecnológica sostenible para la promoción del desarrollo de cultivos.

Bibliografía

- Bula-Meyer, G. (2004). Las macroalgas marinas en la agronomía y el uso potencial del Sargassum flotante en la producción de fertilizantes en el archipiélago de San Andrés y Providencia, Colombia. *Intropica: Revista Del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 1(1), 91–103. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5167545.pdf>
- Caicedo-Aldaz, J. C., & Herrera-Sánchez, D. J. (2022). El Rol de la Agroecología en el Desarrollo Rural Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 1(2), 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.69484/rcz/v1/n2/24>
- Carvajal-Millan, E., Arizmendi, V. M., Olivarría, D. F., Baeza, A. M., Chu, A. R., Robinson, K. M., Mendoza, J. L., & Mada, A. C. (2023). Microalgas marinas: una fuente de polisacáridos con propiedades bioactivas: microalgas marinas y sus polisacáridos bioactivos. *invurnus*, 18(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.46588/invurnus.v18i1.91>
- Edwin, P., Leiva-Mora, M., Veloz, W., & Santana, R. (2022). Utilización de macroalgas para la inducción de mecanismos defensivos ante agentes fitopatógenos causantes de enfermedades foliares en hortalizas. *Revis Bionatura 2023*; 8 (3) 43. In *Environment* (p. 340). s Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in <https://www.revistabionatura.com/files/2023.08.03.43.pdf>
- Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., & González González, M. (2021). Potencial de las macroalgas marinas como bioestimulantes en la producción agrícola de Cuba. *Centro Agrícola*, 48(3), 81–92. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852021000300081&script=sci_arttext&tlng=pt
- Gonzalo, M. P. S., Orellana, Y. G., Simbaña, A. G., Tello, E. G., Borges, J. B., & Rodríguez, D. T. (2020). Propuesta de un protocolo para la obtención de fertilizante orgánico a partir de microalgas. *Agroindustria, Sociedad y Ambiente*, 1(14), 92–109. <https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/2834>
- Hernández, J. S. T., & Groppa, M. D. (2023). Bioinsumos y sus aplicaciones en cultivos de cannabis. *Stawski y Osler*, 1(1), 103. <http://revistaeleusis.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/211/2023/07/REVISTAELEUSIS.pdf#page=106>
- López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vázquez, M., & Cabrera-Rodríguez, J. A. (2021). Uso de bioestimulantes en el cultivo del garbanzo. *Cultivos Tropicales*, 42(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362021000400013&script=sci_arttext
- Ortiz-Moreno, M. L., Cortés-Castillo, C. E., Sánchez-Villarraga, J., Padilla, J., & Otero-Paternina, A. M. (2012). Evaluación del crecimiento de la microalga *Chlorella sorokiniana* en diferentes medios de cultivo en condiciones autotróficas y mixotróficas. *Orinoquia*, 16(1), 11–20. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-37092012000100002&script=sci_arttext
- Quitral, V., Morales, C., Sepúlveda, M., & Schwartz, M. (2012). Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(4), 196–202. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182012000400014>
- Rendón, N. M., Riveroll, A. S. L., & Ortega, J. A. A. (2024). Efecto del consumo del alga

espirulina (*Arthrospira platensis*) sobre marcadores y biomarcadores de sobrepeso y obesidad. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de La Salud Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo*, 12(24), 7–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.29057/icsa.v12i24.11919>

Rodríguez, J. H. V., Landin, W. E. C., Galarza, F. A. E., Cárdenas, A. del R. B., Herrera, G. M. I., Correa, J. D. G., & Orozco, J. C. D. (2020). Comparación de 2 formas de fertilización en cultivo de maíz variedad DK 7500, La Troncal-Ecuador. *Ciencia e Interculturalidad*, 26(01), 163–173. <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/rci.v26i01.9892>

Saborío, F. (2002). Bioestimulantes en fertilización foliar. *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*, 107–126. http://www.nutricaodeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Memoria_CursoFertilizacionFoliar.pdf#page=110

Salcedo-Martínez, S. M., Rocha-Estrada, A., Alvarado-Vázquez, M. A., & Moreno-Limón, S. (2019). Algas de importancia biotecnológica. *Secretario General*, 15(26), 30. https://chilebio.cl/wp-content/uploads/2020/05/Planta_26_compressed.pdf#page=30

Veobides-Amador, H., Guridi-Izquierdo, F., & Vázquez-Padrón, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*, 39(4), 102–109. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362018000400015&script=sci_arttext

Vera-Rodríguez, J. H., Cepeda-Landin, W. E., Alcívar-Llivicura, M. F., Pineda-Macas, G. L., & Medranda-Parraga, K. E. (2021). Comportamiento agronómico y económico de genotipos de maíz duro (*Zea mays* L.) en La Troncal, Ecuador. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 25(3), 66–75. <http://hct.cigetgmo.co.cu/revistahct/index.php/hct/article/view/1171>

Zermeño-González, A., Cárdenas-Palomo, J. O., Ramírez-Rodríguez, H., Benavides-Mendoza, A., Cadena-Zapata, M., & Campos-Magaña, S. G. (2015). Fertilización biológica del cultivo de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(SPE12), 2399–2408. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015001002399&script=sci_arttext