

Artículo

# Aislamiento, caracterización y producción de *Arthrospira platensis*

## Isolation, characterization and production of *Arthrospira platensis*

Axel Samuel Palacios-Mayorga <sup>1,\*</sup>, Jose Humberto Vera-Rodriguez <sup>2</sup>, Cindy Michelle Fernández-Ledesma <sup>3</sup>, Silvana Mariuxi Larrea-Bernal <sup>4</sup> y Jaime David Sevilla-Carrasco <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo 120550, <https://orcid.org/0000-0001-5123-3953>

<sup>2</sup> Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias Agrarias, Santa Elena, Ecuador, 240207, <https://orcid.org/0000-0003-3027-059X>, [jvera7569@upse.edu.ec](mailto:jvera7569@upse.edu.ec)

<sup>3</sup> Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Instituto de Posgrado, Manabí, Ecuador, 130105, <https://orcid.org/0000-0002-2803-7564>, [cfernandez3480@utm.edu.ec](mailto:cfernandez3480@utm.edu.ec)

<sup>4</sup> Universidad Casa Grande, Guayaquil, Ecuador, 090603, <https://orcid.org/0009-0003-8936-837X>, [silvana.larrea@casagrande.edu.ec](mailto:silvana.larrea@casagrande.edu.ec)

<sup>5</sup> Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Provincia del Guayas, Ecuador, 091050, <https://orcid.org/0000-0001-5257-299X>, [jsevillac@unemi.edu.ec](mailto:jsevillac@unemi.edu.ec)

\* Correspondencia: [axel.palacios2015@uteq.edu.ec](mailto:axel.palacios2015@uteq.edu.ec)

**Cita:** Palacios-Mayorga, A. S., Jose Humberto, J. H., Cindy Michelle, C. M., Silvana Mariuxi, S. M., & Jaime David, J. D. (2025). Aislamiento, caracterización y producción de *Arthrospira platensis*. *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 3(2), 13-23. <https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n2/49>

**Recibido:** 10/03/2025

**Revisado:** 15/04/2025

**Aceptado:** 19/04/2025

**Publicado:** 22/04/2025



**Copyright:** © 2025 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC)**.

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

 <https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n2/49>

**Resumen:** El presente estudio tuvo como objetivo aislar, purificar e identificar una cepa de cianobacteria del género *Arthrospira*, recolectada en el humedal Abras de Mantequilla, provincia de Los Ríos, Ecuador. La muestra de agua fue procesada mediante filtración y diluciones seriadas, e inoculada en un medio de cultivo Bg-11 modificado, ajustado a pH 9,5. Se implementaron condiciones controladas de temperatura, iluminación y aireación para favorecer su desarrollo. La fase de purificación incluyó ciclos repetidos de cultivo hasta obtener una cepa libre de contaminantes, la cual fue observada microscópicamente para su caracterización morfológica. Posteriormente, se escaló el cultivo a 1 litro, y finalmente a 100 litros, logrando obtener 100 g de biomasa fresca, de los cuales se obtuvieron 83 g de biomasa seca, evidenciando un alto rendimiento en materia seca. La identificación molecular se realizó mediante la técnica de barcoding, utilizando los genes 23S y tRNA, amplificados por PCR y secuenciados por el método Sanger. Los resultados mostraron una identidad del 100 % con *Arthrospira platensis*, confirmando la taxonomía de la cepa aislada. En conclusión, se logró aislar y caracterizar exitosamente una cepa de *A. platensis*, con potencial para su aplicación en bioproductos sostenibles gracias a su alta productividad y pureza.

**Palabras clave:** Cianobacteria, cultivo, microalga, molecular, secuencia.

**Abstract:** The present study aimed to isolate, purify, and identify a cyanobacterial strain of the genus *Arthrospira* collected in the Abras de Mantequilla wetland, Los Ríos province, Ecuador. The water sample was processed by filtration and serial dilutions and inoculated into a modified Bg-11 culture medium adjusted to pH 9.5. Controlled temperature, lighting, and aeration conditions were implemented to promote its growth. The purification phase included repeated culture cycles until a contaminant-free strain was obtained, which was observed microscopically for morphological characterization. Subsequently, the culture was scaled up to 1 liter, and finally to 100 liters, obtaining 100 g of fresh biomass, from which 83 g of dry biomass were obtained, demonstrating a high dry matter yield. Molecular identification was performed by barcoding, using the 23S and tRNA genes, amplified by PCR and sequenced by the Sanger method. The results showed 100% identity with *Arthrospira platensis*, confirming the taxonomy of the isolated strain. In conclusion, a strain of *A. platensis* was successfully isolated and characterized, with potential for application in sustainable bioproducts thanks to its high productivity and purity.

**Keywords:** Cyanobacteria, cultivate, microalgae, molecular, sequence.

## 1. Introducción

Las microalgas y cianobacterias han ganado una atención creciente en los últimos años debido a su potencial biotecnológico, ecológico y económico (Luna, 2007). Estos organismos fotosintéticos se destacan por su alta eficiencia en la conversión de energía solar, su capacidad para crecer en condiciones extremas y su versatilidad en aplicaciones industriales (Cobos Ruiz *et al.*, 2014). Dentro de este grupo, *Arthrospira platensis*, conocida comúnmente como espirulina, ha sido ampliamente estudiada por sus propiedades nutricionales y su capacidad para producir compuestos bioactivos de alto valor (Ramírez-Moreno & Olvera-Ramírez, 2006).

*A. platensis* es una cianobacteria filamentosa que posee un alto contenido de proteínas, vitaminas, minerales y antioxidantes (Navarrete-Domínguez *et al.*, 2024). Su uso se ha popularizado como suplemento alimenticio tanto en humanos como en animales, y ha demostrado beneficios en la salud gracias a su capacidad para modular el sistema inmune, actuar como agente antiinflamatorio y combatir el estrés oxidativo (García, 2013). Además, su cultivo representa una alternativa sustentable frente a las fuentes convencionales de proteína, lo que la posiciona como un recurso estratégico en contextos de seguridad alimentaria (Pérez-Madruga *et al.*, 2020).

Más allá de su valor nutricional, *A. platensis* tiene un amplio potencial en la producción de biocombustibles, cosméticos, biofertilizantes y productos farmacéuticos (Fernández *et al.*, 2018). Su rápida tasa de crecimiento, junto con la posibilidad de cultivarla en sistemas cerrados o abiertos, permite un aprovechamiento eficiente de recursos, incluso en zonas donde otras formas de agricultura no son viables (Ramos Lucia *et al.*, 2022). Por ello, su estudio y optimización representan una vía importante hacia el desarrollo de tecnologías sostenibles (Hernández *et al.*, 2024).

El aislamiento de cepas locales de *A. platensis* permite evaluar su adaptación a condiciones específicas de cultivo, lo cual es fundamental para el diseño de sistemas de producción eficientes (Andrade Silva *et al.*, 2024). Asimismo, la caracterización morfológica, bioquímica y genética de estas cepas brinda información clave sobre su rendimiento y composición, lo que facilita su aplicación en diferentes industrias (Parra

*et al.*, 2019). Esta etapa es esencial para identificar variantes con propiedades superiores o mejor adaptadas al entorno local.

La producción controlada de *A. platensis* permite optimizar las condiciones de cultivo, como la luz, temperatura, pH y concentración de nutrientes, con el objetivo de maximizar su biomasa y la síntesis de compuestos de interés (Baltazar-Navarrete *et al.*, 2024). Además, la estandarización de procesos de cultivo y cosecha es indispensable para asegurar la calidad del producto final, especialmente si se destina a aplicaciones alimentarias o farmacéuticas (Rojas *et al.*, 2012).

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo el aislamiento, caracterización y producción de la cianobacteria *Arthrospira platensis*, con el fin de establecer una base científica y técnica que permita su aprovechamiento a nivel local. A través de un enfoque multidisciplinario, se buscará identificar cepas prometedoras, comprender sus propiedades y desarrollar estrategias de cultivo que favorezcan su rendimiento y calidad, contribuyendo así al desarrollo de soluciones sostenibles basadas en biotecnología.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Aislamiento de la cianobacteria

Fue tomada una muestra de agua en el humedal de Abras de Mantequilla ubicado en la provincia de Los Ríos, en la cuenca alta del río Guayas Ecuador (1°29'40"S - 79°43'42"O), con la ayuda de un envase estéril fue trasladado hasta el laboratorio de biología y microbiología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ).

Para procesar la muestra de agua se procedió a filtrar con ayuda de un cedazo con capacidad de retención de partículas >250 µm. A continuación, se realizaron diluciones seriadas en agua estéril de 10<sup>-1</sup> a 10<sup>-5</sup> con el fin de disminuir la biocarga inicial.

Las diluciones fueron inoculadas en tubos de ensayo de 10 mL con medio líquido Bg-11 modificado (Arias *et al.*, 2016), ajustando el pH a 9,5.

### 2.2 Fase de Purificación

Las microalgas del género *Arthrospira* se desarrollan en ambientes alcalinos, donde las condiciones extremas restringen la proliferación de otros microorganismos competidores y agentes contaminantes. Así mismo, necesita carbono como fuente primordial para llevar a cabo su metabolismo. Por ello, se empleó un medio de cultivo tipo Bg-11, el cual fue ajustado en su cantidad y composición con el fin de mejorar el crecimiento de la microalga (Tabla 1).

**Tabla 1.**

Composición y cantidades utilizadas para elaborar medio de cultivo Bg-11

| Compuestos                         | Fórmula química                      | Cantidades g/L <sup>-1</sup> |
|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Nitrato de potasio                 | KNO <sub>3</sub>                     | 1,5                          |
| Fosfato dipotásico                 | K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>      | 0,04                         |
| Sulfato de magnesio heptahidratado | MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O | 0,075                        |

|                                |   |       |
|--------------------------------|---|-------|
| Cloruro de calcio              | CaCl <sub>2</sub>                                   | 0,036 |
| Hierro quelado                 | FeC <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub>      | 0,006 |
| Carbonato de sodio             | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>                     | 0,002 |
| Sulfato de zinc heptahidratado | ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O                | 0,22  |
| Molibdato de sodio dihidratado | Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O | 0,039 |
| Sulfato cúprico pentahidratado | CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O                | 0,079 |

La tabla muestra las concentraciones particulares de los compuestos empleados en el medio Bg-11 modificado. Dichas concentraciones fueron modificadas para asegurar una provisión equilibrada de carbono (C), nitrógeno (N), potasio (K) y fósforo (P).

El cultivo inicial se incubó a 28 °C, bajo un fotoperiodo de 12 horas de luz y oscuridad, y con una aireación constante proporcionada por una bomba de aire marca JAD-SC modelo 7500, para asegurar una agitación continua y un adecuado intercambio gaseoso. Se utilizó iluminación LED fluorescente con una intensidad de 5000 lux, y el proceso de purificación se llevó a cabo mediante varias repeticiones en el medio Bg-11, eliminando cualquier contaminante visible en cada ciclo, los cuales fueron monitoreados durante una semana (Li *et al.*, 2022).

Tras verificar la pureza del cultivo a través de observaciones microscópicas, se tomó una muestra del cultivo depurado y se inoculó en un nuevo lote de medio de cultivo para dar inicio a la siguiente repetición. Este procedimiento de replicación y depuración se repitió hasta conseguir un cultivo completamente puro, libre de contaminantes como partículas suspendidas, sedimentos o alteraciones inusuales en la claridad del medio.

### 2.3 Caracterización morfológica

La identificación inicial de la microalga recolectada se llevó a cabo mediante observación al microscopio. Se ubicó una gota del cultivo de la cianobacteria sobre un portaobjetos y sobre este un cubreobjetos. Para ello, se empleó un microscopio óptico trinocular de la marca Motic™, modelo Panthera S, y se realizó observaciones con los objetivos de 10x y 40x.

### 2.4 Producción en medio líquido a escala 1 L.

Una vez obtenido el cultivo purificado y determinada su concentración inicial, se procedió a su escalado hasta alcanzar un volumen de 1 litro. Para ello, se inoculó una biomasa con una concentración inicial de 0.450 g/L en matraces Erlenmeyer de 1 litro, conteniendo 500 mL del medio Bg-11. A lo largo del proceso, el cultivo se mantuvo en condiciones controladas de temperatura, fotoperiodo y aireación, replicando los parámetros establecidos en las fases anteriores con el fin de asegurar una adecuada proliferación celular (Guidi *et al.*, 2021).

Luego, se incorporaron 150 mL de medio de cultivo cada 24 horas, llevando a cabo un seguimiento continuo del desarrollo de la microalga. Al alcanzar una concentración de 1 g/L, el cultivo fue recuperado y conservado de forma adecuada para llevar a cabo los respectivos análisis moleculares.

### 2.5 Producción de materia verde y seca de *A. platensis*

Se produjo biomasa fresca de la cianobacteria bajo el método de soluciones nutritivas Bg-11 durante 8 días, se utilizó 5 reactores de capacidad 20 litros, con producción total de 100 L y se filtró con la ayuda de un papel filtro whatman grado 4 con capacidad de retención de partículas de 2,5 µm para recolectar la biomasa fresca.

Posteriormente, la biomasa fresca se introdujo en una Mufla a 65°C durante 8 horas para su deshidratación. La determinación de materia seca se calculó según la siguiente fórmula: Porcentaje de materia seca = (Peso seco/Peso fresco) \* 100.

## 2.6 Identificación molecular

La identificación molecular de la cianobacteria se realizó mediante la técnica de barcoding, aplicando este método a los fragmentos génicos 23S y tRNA, evaluando su efectividad de detección en ambas técnicas.

Se efectuó la extracción de ADN genómico a partir de aproximadamente 100 mg de biomasa utilizando técnicas estándar, tras lo cual se evaluó la integridad y pureza del ADN mediante espectrofotometría de microvolúmenes y electroforesis en gel de agarosa al 1 %. El ADN extraído fue diluido hasta alcanzar una concentración cercana a 20 ng/µL, adecuada para su posterior amplificación mediante la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

Para la amplificación se emplearon oligonucleótidos universales específicos: p23SrV\_f1/P23SrV\_r1 para el gen 23S rRNA (Sherwood & Presting, 2007), y 10/18 para el tRNA (Wilmotte *et al.*, 1993). Los productos amplificados fueron purificados antes de someterse a secuenciación por el método Sanger.

Las secuencias obtenidas fueron depuradas y ensambladas utilizando el software bioinformático Geneious (versión 11.1.2). Posteriormente, las secuencias ensambladas fueron comparadas con la base de datos de nucleótidos GenBank (NCBI) mediante herramientas de alineamiento, con el fin de realizar la asignación taxonómica precisa de la cepa analizada.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1 Caracterización morfológica

La identificación morfológica de la cianobacteria aislada y purificada permitió reconocer características distintivas del género *Arthrospira*, como su estructura filamentosa helicoidal en espiral, alineadas una tras otra sin formar heterocistos simulando movimiento giratorio, según Jung *et al.* (2021). Por otra parte, Huarachi *et al.* (2014) indica que, esta forma helicoidal no solo facilita su identificación, sino que también se relaciona con su flotabilidad y exposición eficiente a la luz en medios acuáticos (Figura 1).

#### Figura 1.

Observación de la microalga en el microscopio con objetivo de 10x y 40x.

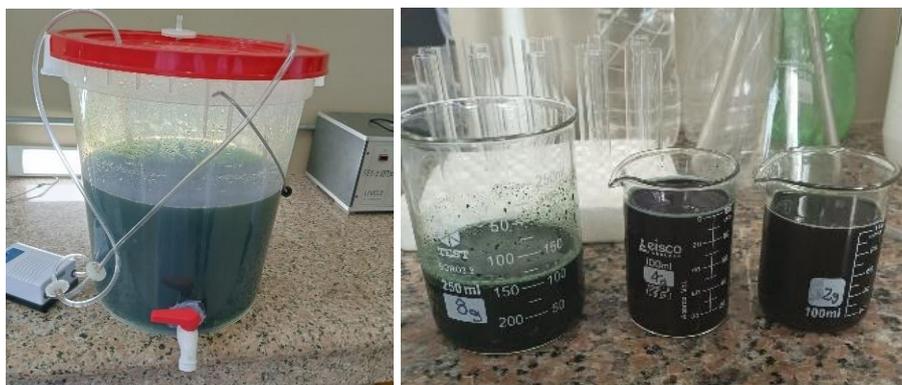


Las observaciones realizadas mediante microscopía fueron concordantes con las descripciones morfológicas reportadas en la literatura especializada. Asimismo, la habilidad de la microalga para desarrollarse en el medio de cultivo Bg-11, junto con el pH alcalino observado en dicho medio, funcionó como un criterio complementario que respalda la asignación taxonómica del género *Arthrospira* (Ismaiel *et al.*, 2016).

Además, el cultivo de la microalga presentó una coloración verde azulada (Figura 2), atribuida a la presencia de ficocianina y clorofila, pigmentos fundamentales en su estructura celular. Para Sierra *et al.* (2005) la ficocianina, pigmento característico de las cianobacterias, es responsable del tono azulado, mientras que la clorofila contribuye al matiz verde. Ambos compuestos están directamente relacionados con la capacidad fotosintética de la microalga (Vernès *et al.*, 2015).

### Figura 2.

Reactor para la producción de microalgas y toma de muestras



### 3.2 Producción de *A. platensis*

Durante el estudio se generaron un total de 100 litros de microalga, de los cuales, tras el proceso de filtración, se obtuvo un total de 100 gramos de biomasa fresca. Al calcular la producción de biomasa seca mediante la deshidratación de la biomasa fresca, se lograron obtener 83 gramos de biomasa seca. El elevado porcentaje de materia seca (83%) es un indicador favorable, ya que una mayor concentración de sólidos facilita la manipulación, el transporte y el procesamiento posterior de la biomasa microalgal. Según Escobedo & Calderón (2021), estos datos son significativos para evaluar la viabilidad de utilizar esta biomasa microalgal como materia prima para la producción de

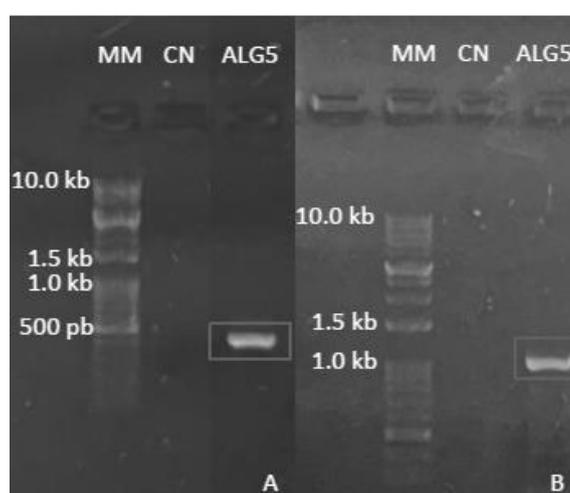
derivados como alimentos, biofertilizantes, biocombustibles u otros productos de valor agregado, lo que podría contribuir significativamente al desarrollo de sistemas sostenibles en la industria (García, 2013; Gómez *et al.*, 2013).

### 3.3 Caracterización molecular

La electroforesis vertical de los productos de la PCR para los genes 23S y tRNA resultó con amplicones de aproximadamente 410 pares de base (pb) y 1200 pb respectivamente, según se muestra en la Figura 3. Hurtado-Alarcón & Polanía-Vorenberg (2014) sostiene que la técnica de electroforesis en gel de poliácridamida es ideal para la identificación de cianobacterias.

**Figura 3.**

Electroforesis en gel de agarosa al 1% de los productos de la PCR para los fragmentos A) 23S y B) tRNA. MM= Marcador de peso molecular y CN= Control negativo.



La tabla 2 muestra el resumen de resultados de la identificación molecular, se logró obtener un ADN de alta calidad para el proceso de amplificación, se sintetizaron primers 23S: p23SrV\_f1/P23SrV\_r1 y tRNA:10/18 permitiendo amplificar las secuencias e identificar el genoma de referencia para la especie *Arthrospira platensis*. Para Bravakos *et al.*, (2016) esta técnica es una herramienta fundamental para la identificación rápida y precisa de cianobacterias, permitiendo un resultado confiable dentro de una diversidad de cepas de diferentes ecosistemas.

**Tabla 2.**

Resumen de resultados de la identificación molecular de cianobacterias.

| Código | Calidad | Organismo                    | Gen  | Identidad | Nº Accesoión               |
|--------|---------|------------------------------|------|-----------|----------------------------|
| ALG5   | 100     | <i>Arthrospira platensis</i> | 23S  | 100 %     | <a href="#">LC455669.1</a> |
| ALG5   | 100     | <i>Arthrospira platensis</i> | tRNA | 100 %     | <a href="#">KX279418.1</a> |

#### 4. Conclusiones

La identificación morfológica de la microalga permitió confirmar su pertenencia al género *Arthrospira*, gracias a sus características distintivas como la forma espiralada y la ausencia de heterocistos. Estas observaciones, sustentadas por análisis microscópicos, fueron coherentes con lo reportado en la literatura científica, consolidando así la clasificación taxonómica preliminar basada en la morfología.

El crecimiento exitoso de la microalga en el medio de cultivo Bg-11, junto con el pH alcalino observado, sirvió como un criterio adicional que respalda la asignación al género *Arthrospira*. Estos factores, combinados con la observación de la coloración verde azulada atribuida a la presencia de ficocianina y clorofila, no solo corroboran la identidad del organismo, sino también su capacidad fotosintética y potencial biotecnológico.

La producción de biomasa microalgal alcanzó un volumen significativo, con una alta proporción de materia seca (83%), lo que representa una ventaja desde el punto de vista industrial. Esta concentración de sólidos facilita las etapas de posprocesamiento y sugiere una viabilidad prometedora para el uso de la biomasa en aplicaciones como alimentos funcionales, biofertilizantes, biocombustibles y otros productos sostenibles de valor agregado.

La identificación molecular complementó los hallazgos morfológicos y funcionales, mediante la amplificación exitosa de los genes 23S y tRNA. El análisis de secuencias permitió confirmar con un 100% de identidad la presencia de *Arthrospira platensis*, reforzando la validez de la identificación taxonómica y ofreciendo una base sólida para futuras aplicaciones científicas o industriales que involucren esta cianobacteria.

**Contribución de los autores:** Conceptualización, ASP-M. y JHV-R.; metodología, ASP-M. y JHV-R.; software, JDS-C.; validación, CMF-L.; análisis formal, SML-B.; investigación, ASP-M.; recursos, ASP-M. y JHV-R.; redacción del borrador original, ASP-M.; redacción, revisión y edición, ASP-M. y JHV-R.; visualización, JDS-C.; supervisión, CMF-L. y SML-B.. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

**Financiamiento:** Esta investigación no ha recibido financiación externa

**Agradecimientos:** A la Facultad de Posgrados de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) Maestría en Biotecnología Agropecuaria; y al programa de becas de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT).

**Declaración de disponibilidad de datos:** Los datos están disponibles previa solicitud a los autores de correspondencia: [axel.palacios2015@uteq.edu.ec](mailto:axel.palacios2015@uteq.edu.ec)

**Conflicto de interés:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

## Referencias Bibliográficas

- Andrade Silva, A., Montenegro Ruiz, L. C., Duque Escobar, S. R., & Cano Arango, J. E. (2024). Primer registro de *Limnothrix vacuolifera* y *Limnothrix planktonica* (Cyanobacteria) en la Amazonia colombiana y su actividad antimicrobiana. *Biota colombiana*, 25. <https://doi.org/10.21068/2539200x.1171>
- Arias, T. R. L., Galeano, E. F., Dos Santos, M., & Bonet, S. R. (2016). Cinética de crecimiento y productividad lipídica del alga *Tetrademus wisconsinensis* S. obtenida en un cuerpo de agua de Paraguay. *Investigación agraria*, 18(1), 22-29. <http://dx.doi.org/10.18004/investig.agrar.2016.junio.22-29>
- Baltazar-Navarrete, D. M., Lira-Morales, A. G., Arredondo-Delgado, J., de Dios Ortiz-Alvarado, J., & Rodríguez-Sierra, J. C. (2024). Sistema fotovoltaico autónomo (SFA) y monitoreo IoT en la producción de *Arthrospira platensis* out-door. *Computing Applications in Modern Industry*, 5. [https://rcs.cic.ipn.mx/2024\\_153\\_2/RCS\\_153\\_2\\_2024.pdf#page=7](https://rcs.cic.ipn.mx/2024_153_2/RCS_153_2_2024.pdf#page=7)
- Bravakos, P., Kotoulas, G., Skaraki, K., Pantazidou, A. y Economou-Amilli, A. (2016). Un enfoque taxonómico polifásico en cepas aisladas de cianobacterias de fuentes termales de Grecia. *Filogenética Molecular y Evolución*, 98, 147-160. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2016.02.009>
- Cobos Ruiz, M., Castro Gómez, J. C., & Cerdeira Gutierrez, L. A. (2014). Potencial biotecnológico para la producción sustentable de biodiesel de microalgas oleaginosas aisladas del Río Itaya, Loreto, Perú. *Ecología aplicada*, 13(2), 169-175. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162014000200011&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162014000200011&lng=es&tlng=es)
- Escobedo, M. J., & Calderón, A. C. (2021). Biomasa microalgal con alto potencial para la producción de biocombustibles. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 265-282. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.030>
- Fernández, F. G. A., Sevilla, J. M. F., & Grima, E. M. (2018). Contribución de las microalgas al desarrollo de la bioeconomía. *Mediterráneo económico*, (31), 309-331. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6648783>
- García, C. (2013). Producción de microalgas con aplicaciones nutricionales para humanos y animales. *Cuadernos de estudios agroalimentarios*, 1(5), 83-101. <https://publicacionescajamar.es/wp-content/uploads/2013/09/5-642.pdf>
- Gómez, M. A. C., Tirado, D. A. M., & Posada, J. L. P. (2013). Desarrollo, producción y beneficio ambiental de la producción de microalgas. La experiencia en La Guajira, Colombia. *Ambiente y Desarrollo*, 17(32), 113-126. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/6049/5011>
- Guidi, F., Gojkovic, Z., Venuleo, M., Assunção, P. A. C. J., & Portillo, E. (2021). Long-Term Cultivation of a Native *Arthrospira platensis* (Spirulina) Strain in Pozo Izquierdo (Gran Canaria, Spain): Technical Evidence for a Viable Production of Food-Grade Biomass. *Processes*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/PR9081333>
- Hernández, O. M. C., Ureña, A. M., & Valerio, W. M. (2024). Posibles factores que afectan el costo y la rentabilidad de la producción de microalgas: una revisión bibliográfica. *e-Agronegocios*, 10(1), 1-21. <https://doi.org/10.18845/ea.v10i1.6657>

Huarachi, R., Yapo, U., Dueñas, A., Huamanga, J. C., Salazar, D. P., & Flores, J. J. S. (2015). Cultivo de *Arthrospira platensis* (Spirulina) en fotobiorreactor tubular doblemente curvado a condiciones ambientales en el sur del Perú. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(1), 142-149.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5430251>

Hurtado-Alarcón, J. C., & Polanía-Vorenberg, J. (2014). Técnicas moleculares para la detección de cianobacterias en los embalses Riogrande II y La Fe, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 62(1), 381-398.

[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442014000200029](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000200029)

Ismail, M. M. S., El-Ayouty, Y. M., & Piercey-Normore, M. (2016). Role of pH on antioxidants production by *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis*. *Brazilian Journal of Microbiology*, 47(2), 298–304. <https://doi.org/10.1016/J.BJM.2016.01.003>

Jung, C. H. G., Braune, S., Waldeck, P., Küpper, J. H., Petrick, I., & Jung, F. (2021). Morphology and Growth of *Arthrospira platensis* during Cultivation in a Flat-Type Bioreactor. *Life*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/LIFE11060536>

Li, Z., Liu, Y., Zhou, T., Cao, L., Cai, Y., Wang, Y., Cui, X., Yan, H., Ruan, R., & Zhang, Q. (2022). Effects of Culture Conditions on the Performance of *Arthrospira platensis* and Its Production of Exopolysaccharides. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(14).

<https://doi.org/10.3390/FOODS11142020>

Luna, L. M. G. (2007). Microalgas: Aspectos ecológicos y biotecnológicos. *Revista cubana de química*, 19(2), 3-20. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543707001>

Navarrete-Domínguez, A. E., Tafoya-López, L. S., & Rodríguez-Sierra, J. C. (2024). Evaluación de medios de cultivo para producción de *Arthrospira Platensis*. *Computing Applications in Modern Industry*, 23.

[https://rcs.cic.ipn.mx/2024\\_153\\_2/RCS\\_153\\_2\\_2024.pdf#page=25](https://rcs.cic.ipn.mx/2024_153_2/RCS_153_2_2024.pdf#page=25)

Parra, J., Torres, A., Rojas, D., Arredondo, B. O., Sena, L., & Perdomo, T. (2019). Comparación nutricional entre dos cepas de *Arthrospira maxima* de origen geográfico incierto. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 10(2), 45-60.

<https://www.solabiaa.org/ojs3/index.php/RELBAA/article/view/79>

Pérez-Madruga, Y., López-Padrón, I., & Reyes-Guerrero, Y. (2020). Las algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. *Cultivos Tropicales*, 41(2).

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362020000200009&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362020000200009&script=sci_arttext&tlng=pt)

Ramos Lucia, C., Ruiz Julio, C., & Mendoza Luis, L. (2022). Evaluación del potencial de biorremoción de plomo en fotobiorreactor por *Spirulina platensis* y *Pseudomonas aeruginosa*. *Arnaldoa*, 29(2), 267-276. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992022000200267&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992022000200267&script=sci_abstract)

Ramírez-Moreno, L., & Olvera-Ramírez, R. (2006). Uso tradicional y actual de *Spirulina* sp. (*Arthrospira* sp.). *Interciencia*, 31(9), 657-663.

[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006000900008&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000900008&lng=es&tlng=es)

Rojas, E., Ávila, M., & Parada, G. (2012). Aplicación de estrategias nutricionales y su efecto en el crecimiento en el cultivo continuo de *Spirulina* (*Arthrospira platensis*). *Latin*

*american journal of aquatic research*, 40, 763-771. <http://dx.doi.org/103856/vol40-issue3-fulltext-23>

Sherwood, A. R., & Presting, G. G. (2007). Universal primers amplify a 23S rDNA plastid marker in eukaryotic algae and cyanobacteria 1. *Journal of phycology*, 43(3), 605-608. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2007.00341.x>

Sierra, M. C., Ríos, L. P., Corrales, S. M., Castanera, F. X. N., Benítez, A. A., & Figueroa, A. (2005). El mundo microscópico del sedimento del estuario del río Palmones. *Almoraima. Revista de Estudios Campogibraltareños*, (31), 35-44. <https://institutoecg.es/almoraima/index.php/revista/article/download/809/772>

Vernès, L., Granvillain, P., Chemat, F., & Vian, M. (2015). Phycocyanin from *Arthrospira platensis*. Production, Extraction and Analysis. *Current Biotechnology*, 4(4), 481–491. <https://doi.org/10.2174/2211550104666151006002418>

Wilmutte, A., Van der Auwera, G., & De Wachter, R. (1993). Structure of the 16 S ribosomal RNA of the thermophilic cyanobacterium *Chlorogloeopsis* HTF ('*Mastigocladus laminosus* HTF') strain PCC7518, and phylogenetic analysis. *FEBS letters*, 317(1-2), 96-100. [https://doi.org/10.1016/0014-5793\(93\)81499-P](https://doi.org/10.1016/0014-5793(93)81499-P)