

Comparación de parámetros proximales entre aislados comerciales y *Arthrospira platensis* Gomont, especie cultivada en condiciones controladas en Paraguay

Prieto, R.^{1*}; Lamas, D.^{2,3}

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biotecnología, San Lorenzo, Paraguay

²Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, INIDEP. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina

³Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), CONICET- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina

*E-mail del autor: prietorebe@gmail.com

Comparación de parámetros proximales entre aislados comerciales y *Arthrospira platensis* Gomont, especie cultivada en condiciones controladas en Paraguay. En la actualidad, las microalgas han ganado un gran interés, ya que son fuente de importantes sustancias naturales y producen biomateriales que presentan diversas aplicaciones industriales. Se han analizado los parámetros proximales de tres aislados de especies del género *Arthrospira*, de diferentes orígenes geográficos, de las cuales dos de ellas fueron de origen Chileno y Argentino, el tercer aislado se obtuvo del cultivo en condiciones controladas de la *Arthrospira platensis* nativa del Paraguay, en un fotobiorreactor tipo batch con medio Zarrouk en condiciones de 24 horas luz, 0,45 vvm e intensidad lumínica de 12.500 lm durante 75 días, que generó un rendimiento de 5,82 gramos de biomasa por litro de cultivo. Las determinaciones realizadas para evaluar la composición proximal de los tres aislados fueron humedad, cenizas, proteínas y grasas totales. Para la cepa de *Arthrospira platensis* nativa paraguaya se obtuvieron los valores de porcentaje de proteína de 67,40%, grasas totales 5,69%, humedad 20,02% y cenizas de 9,11 %. Estos resultados de los parámetros analizados dan indicio de que esta microalga podría ser utilizada como suplemento alimenticio o complemento nutricional.

Palabras clave: *Arthrospira platensis*, cultivo, caracterización proximal

Comparison of proximal parameters between commercial isolated and *Arthrospira platensis* Gomont, a specie cultivated under controlled conditions in Paraguay. At present, microalgae have become the object of great interest, since they are a source of important natural substances and produce biomaterials that present various industrial applications. The proximal parameters of three isolated species of the genus *Arthrospira* of different geographical origins were analyzed, out of which two were of Chilean and Argentine origin; the third isolate was obtained from the cultivation under controlled conditions of the *Arthrospira platensis* native of Paraguay, in a batch-type photobioreactor with Zarrouk medium under 24-hour light conditions, 0.45 vvm and luminous Intensity of 12,500 lm for 75 days, which generated a yield of 5.82 grams of biomass per liter of culture. Determinations made to evaluate the proximal composition of the three isolated were moisture, ash, proteins and total fats. For the strain of *Arthrospira platensis* native to Paraguay, the value of the percentage of protein obtained was about 67.40%, total fats 5.69%, humidity 20.02% and ash 9.11%. These results of the parameters analyzed suggests that this microalga could be used as a nutritional supplement.

Keywords: *Arthrospira platensis*, cultivation, proximal characterization

INTRODUCCIÓN

Las microalgas conforman un alimento conocido y usado por los seres humanos hace siglos. Su consumo diario es recomendado desde ya hace algunos años por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Últimamente han adquirido un creciente interés comercial, debido a que tienen la capacidad de producir varios compuestos nutraceuticos que facilitan la prevención de diferentes patologías o alteraciones de la salud, por lo cual las microalgas son una ejemplificación de los denominados superalimentos (Wollina *et al.*, 2018). Las especies del género *Arthrospira* son organismos procariotas fotosintéticos con morfología filamentosa que pertenecen al filo Cyanobacteria y poseen un valor comercial excepcional en la industria alimentaria por su alto valor nutricional (Soni *et al.*, 2017).

Tienen una gran capacidad de almacenar nutrientes, su contenido de proteínas es de aproximadamente el 65%, 5% de lípidos, 7% de minerales, 12% de carbohidratos y 8% de vitaminas (Gutiérrez *et al.*, 2017), y también poseen poderosos compuestos antioxidantes (Wollina *et al.*, 2018). Las proteínas que forman parte de la estructura de la *Arthrospira* tienen el poder de eliminar radicales libres, se ha demostrado que el extracto de estas proteínas es efectivo en la inhibición del crecimiento de células cancerígenas y evita la migración de las mismas, inhibiendo la metástasis (Marková *et al.*, 2020). También, esta especie es muy rica en vitaminas, minerales,

β -caroteno y ácidos grasos esenciales (Capelli *et al.*, 2010). Su adición como suplemento de muchos productos como ingrediente funcional ayuda a generar un producto de adecuada calidad nutricional, favoreciendo a los parámetros estándar del producto (Torres *et al.*, 2014).

Otro aspecto no menos importante que la caracteriza, es que actualmente es cultivada industrialmente en varios lugares del mundo debido a su capacidad de reproducción, ya que la *Arthrospira* se divide en dos cada siete horas, y en condiciones ideales podría generar hasta 15.000 kg/ha anuales de biomasa seca, y con la aplicación de tecnología apropiada los rendimientos pueden mejorar (Camacho, 2017), también las sales que se utilizan como medio para poder cultivarlas en condiciones de laboratorio, pueden ser reemplazadas por sales grado comercial y así disminuir los costos del cultivo, reemplazandolas por sales como la urea, bicarbonato de sodio y sal marina cruda, y tener un buen rendimiento en la generación de biomasa (Madkour *et al.*, 2012).

En este trabajo se realizó la caracterización de parámetros proximales de aislados de especies del género *Arthrospira* de tres orígenes geográficos diferentes, de los cuales inicialmente la *Arthrospira platensis* fue aislada por Villalba *et al* (2018) de la región del Chaco Paraguayo, y para la obtención del aislado de la misma fue cultivada en condiciones controladas, en cuanto a los aislados de *Arthrospira* sp. de origen argentino y chileno fueron de grado comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aislados de estudio

Para realizar este trabajo se utilizaron tres aislados de especies del género *Arthrospira* de orígenes geográficos diferentes. Un aislado de *Arthrospira* de origen argentino de grado comercial, y otro aislado de origen chileno donado por el INIDEP (Instituto Nacional de Desarrollo Pesquero) de Mar del Plata-Argentina. Ambos aislados se encontraban liofilizados al momento de su utilización para la determinación de los parámetros proximales.

La *Arthrospira platensis* Gomont (Figura 1) del Paraguay fue aislada del Chaco paraguayo e identificada molecularmente por Villalba *et al.* (2018), la cual fue posteriormente donada a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción.



Figura 1. *Arthrospira platensis* nativa del Paraguay

Cultivo de *Arthrospira platensis*

La *Arthrospira platensis* de origen paraguaya, fue cultivada en el laboratorio de biotecnología ambiental de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción. La condición de cultivo fue con un fotoperiodo de 24 horas luz a una temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, con un pH 9 en medio de cultivo Zarrouk (Zarrouk, 1966) (Tabla 1 y 2), la cual fue cosechada centrifugando el medio de cultivo a 7000 rpm durante 5 minutos.

Tabla 1. Componentes del medio Zarrouk para 1 L

Nombre	Contenido (g/L)
NaHCO ₃	16,8
K ₂ HPO ₄	0,5
NaNO ₃	2,5
K ₂ SO ₄	1
NaCl	1
MgSO ₄	0,2
CaCl ₂	0,04
FeSO ₄	0,01
EDTA	0,08
Solución A5	1mL

Tabla 2. Componentes de la solución A5

Nombre	Contenido (g/L)
H ₃ BO ₃	2,86
MnCl ₂ .4H ₂ O	1,81
ZnSO ₄ . 7H ₂ O	0,22
Na ₂ MoO ₄ . 2H ₂ O	0,39
CuSO ₂ . 5H ₂ O	0,08

Al fotobiorreactor utilizado para el cultivo de la *Arthrospira platensis* (Figura 2) se le suministró una aireación constante de 0,45 vvm, previamente filtrada con nylon de membrana de 0,22 µm con un volumen de 13 litros de cultivo, con iluminación de 12500 lm, y tiempo de cultivo de 75 días.



Figura 2. Fotobiorreactores utilizados para el cultivo de *Arthrospira platensis*

Prieto, R.; Lamas, D. Comparación de parámetros proximales entre *Arthrospira platensis* Gomont y aislados comerciales

Análisis proximal

Para la caracterización proximal se utilizó 1 g en peso seco de cada uno de los aislados. Todas las determinaciones fueron realizadas al mismo tiempo y en las mismas condiciones para los tres aislados. La humedad se cuantificó mediante desecación en estufa a temperatura de 105°C hasta peso constante (AOAC, 952.08; 1990) y también las cenizas se determinaron por calcinación en mufla a 550 °C de temperatura, hasta la obtención de cenizas blancas y peso constante (AOAC, 938.08; 1990). Las proteínas se determinaron por el método Kjeldahl usando el factor de conversión 6,25 (AOAC, 24.027; 1984). Se realizó la determinación de grasas por el método de Randall (AOAC, 1990) y los lípidos fueron extraídos y cuantificados por el método de Bligh y Dyer (1959) con modificaciones.

Determinación de proteínas totales

Para la determinación de proteínas totales se empleó el método Kjeldahl usando el factor de conversión 6,25 según la técnica de la AOAC, 24.027 (1984) que se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador metálico a una temperatura de digestión de 400°C. Para la digestión se utilizó 1 g de biomasa seca de cada uno de los aislados, que fueron colocados en un tubo de digestión con 4 g de catalizador en una proporción de 1:10 sulfato de potasio y sulfato cúprico con 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, que posteriormente fue conectado al digestor con los tiempos de 30 minutos a 150°C luego otros 30 minutos a 205°C y por últi-

mo 60 minutos a 420°C. Los productos de la digestión fueron neutralizados con 80 mL de NaOH al 30% hasta el viraje a marrón oscuro, posteriormente se destiló la muestra con 40 mL de ácido bórico al 4% y 5 gotas de fenolftaleína como indicador, durante 4 horas y 30 minutos hasta el viraje a un color celeste pálido.

Luego fueron valorados con HCl al 0,1 N hasta un viraje de color violeta pálido y se anotó los mililitros de HCl consumidos para determinar el porcentaje de proteínas presentes en cada muestra analizada.

Para la determinación el porcentaje de las proteínas totales se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% N: \frac{(V \text{ HCl} - V \text{ blanco}) \times N \text{ HCl} \times 0.014 \times 100}{\text{Peso muestra (gramos)}} \quad (1^*)$$

% Proteína: % N x factor de conversión.

Factor: 6.25: para carne, pescado, huevo, leguminosas y proteínas en general
V HCl: Volumen de HCL consumido en la valoración por la muestra
V blanco: Volumen de HCL consumido en la valoración por el blanco
N HCl: Normalidad de la solución de HCl

(1*): (AOAC, 24.027; 1984)

Determinación de lípidos totales

La determinación de lípidos totales presentes se realizó por medio de la metodología de Bligh y Dyer (1959) con ligeras modificaciones. Se utilizó 1 g de biomasa de los aislados, con una humedad de aproximadamente 80%, se agregaron 16 mL de agua destilada y se modificó la técnica agregando 0,5 gramos de NaCl, posteriormente fue homogeneizada por unos 30 segundos, luego se agregaron unos 40 mL de metanol y 20 mL de cloroformo y nuevamente se

homogeneizó por 1 minutos. Luego de este procedimiento se agregaron 20 mL de cloroformo y se homogeneizó durante unos 30 segundos, se agregaron 20 mL de agua destilada y nuevamente se homogeneizó por unos 30 segundos, luego toda la muestra fue centrifugada a 2500 rpm por 20 minutos a 5 °C en donde se formaron dos fases, se tomó la fase inferior, que corresponde a la fase clorofórmica, y se colocó en un balón de fondo plano que previamente fue secado y pesado. El cloroformo se evaporó en un evaporador rotatorio a una temperatura constante de 60 °C durante dos horas, la cantidad de lípidos se obtuvo por diferencia de peso.

Para la determinación del porcentaje de lípidos totales se utilizó la siguiente formula:

$$A \text{ (g/100g)} = \frac{VT \times P 2}{Va \times P 1} \quad \text{Bligh y Dyer (1959)}$$

A: Concentración en g/100g (%) de lípidos

P 1: Peso de la muestra

P 2: Peso de la grasa seca obtenida

V T: Volumen total de cloroformo

V a: Volumen de la fase clorofórmica

Determinación de Humedad

Para la determinación de la humedad (AOAC, 952.08; 1990), la biomasa empleada de 1 g, fue colocada en una placa de petri de vidrio previamente secada y pesada, la muestra se mantuvo en estufa durante 24 horas a 100 °C ± 5 °C hasta obtener un peso constante.

Para la determinación del porcentaje de humedad se utilizó la siguiente formula:

$$H \% = \frac{m - m_1}{m} \times 100 \quad (\text{AOAC, 952.08; 1990})$$

$$ST\% = 100 - H$$

H: humedad %

m: masa de la muestra inicial (g)

m1: masa de la muestra seca o residuo (g)

ST: sólidos totales (incluidas las grasas) en %

Determinación de Cenizas

Para la determinación de cenizas totales (AOAC, 938.08; 1990), se empleó 1 g de biomasa que se colocó en crisoles de porcelana previamente pesada. Los crisoles fueron colocados sobre mechero hasta carbonizar las muestras, luego se llevó a mufla 500 °C ± 50 °C por seis horas. Una vez transcurrido este tiempo, se pesaron los crisoles y por diferencia de peso se obtuvo la cantidad de cenizas presentes en cada muestra.

Para la determinación el porcentaje de humedad se utilizó la siguiente formula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{PC - P}{m} \times 100 \quad (\text{AOAC, 938.08; 1990})$$

P: Peso del crisol

m: Peso de la muestra

PC: Peso del crisol más las cenizas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cosecha de biomasa de *Arthrospira platensis*

La biomasa generada (Figura 3) luego de 75 días de cultivo con luz continua arrojó un rendimiento de 5,82 g/L. La tasa de crecimiento y la productividad de la biomasa en las microalgas verdes difieren en el modo de reproducción si son expuestas a diferentes fotoperiodos, aumentando la producción de biomasa

Prieto, R.; Lamas, D. Comparación de parámetros proximales entre *Arthrospira platensis* Gomont y aislados comerciales

cuando se las exponen a más horas de luz (Krzemińska *et al.*, 2013). De acuerdo con el reporte de Álvarez (2018) en donde el cultivo de *Arthrospira platensis* se ha expuesto a variaciones de fotoperiodo, el rendimiento máximo se obtuvo con luz continua, entonces se podría afirmar que existe una relación entre la cantidad de horas de exposición a la luz y la tasa de crecimiento de *Arthrospira platensis* con luz continua. Jacob López *et al.* (2009) evaluaron el crecimiento de la cianobacteria *Aphanothece microscopica* a diferentes períodos de luz y bajo luz continua, y constataron que existe una reducción en la producción de biomasa en paralelo con la reducción de los períodos de luz, de forma similar a lo registrado para la *Arthrospira platensis* estudiada por Álvarez (2018).

Para otras microalgas como *Chlorella vulgaris* se puede obtener una máxima producción de biomasa aumentando las horas de luz en el fotoperiodo (Ruiz, 2014), en cambio para *Scenedesmus acutus* el aumento de las horas de luz en el fotoperiodo inhibe su crecimiento (Valle y Tirado, 2018).

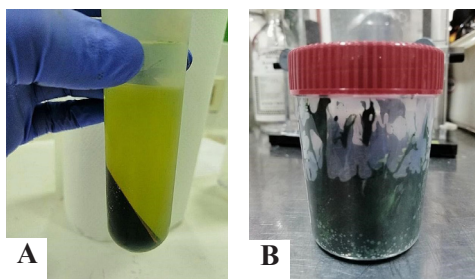


Figura 3. A) Biomasa de *Arthrospira platensis* luego de la centrifugación del medio de cultivo. B) Biomasa de *Arthrospira platensis* cosechada

Análisis proximal

Los valores obtenidos en los aislados en estudio mediante el análisis proximal se pueden observar en la tabla 3.

Tabla 3. Composición proximal de aislados de *Arthrospira*

	<i>Arthrospira platensis</i>	<i>Arthrospira</i> sp. cepa Argentina	<i>Arthrospira</i> sp. cepa Chilena
Proteínas totales	67,40	63,55	73,69
Grasas totales	5,69	3,11	6,85
Humedad	20,02	9,11	6,37
Cenizas	9,11	7,43	6,31

Los valores de la tabla están expresados en porcentajes

Proteínas totales

El porcentaje de proteínas totales obtenido se encontró en el rango de 63-74%. Este valor, es considerado significativo, ya que en promedio los alimentos de origen vegetal considerados como buenas fuentes proteicas contienen alrededor del 35% de proteínas (Becker, 2007). Además, estos datos son concordantes con reportes previos de otras cepas de la *Arthrospira* sp. (Molino *et al.*, 2018; Duongbia *et al.*, 2019). Molino *et al.*, (2018) reportaron un valor del 46,76% para un aislado de *Arthrospira* comercial de origen italiano. Las diferencias obtenidas pueden deberse a las condiciones de cultivo, al fotoperiodo empleado durante su cultivo (Peixoto *et*

al., 2020) y también a que las condiciones de crecimiento y al origen geográfico de cada cepa, que si bien pertenecen al mismo género, exhiben diferencias relevantes en la composición nutricional (Parra *et al.*, 2019).

Para *Arthrospira* sp. existe una relación directamente proporcional en el aumento de la fase lumínica en relación al rendimiento del cultivo y la cantidad de proteínas (Pedro, 2015). Las proteínas totales de *Arthrospira platensis* se cuantificaron en un 67,40 %. Este valor mostró una diferencia respecto a los datos reportado por Villalba *et al.* (2018) para la misma cepa que obtuvo un 58,6%. Esta diferencia podría deberse principalmente a las condiciones de cultivo, ya que Villalba *et al.* (2018) empleó condiciones disímiles, a saber 12 horas luz y 12 horas oscuridad con el medio de cultivo Schlösser (1982) con aireación de 0,025 vvm y luz artificial fluorescente de 5600 lúmenes a 26° C, durante 90 días. Además, la cantidad de sales disponible en los diferentes medios de cultivos utilizados y el fotoperiodo al que fueron expuestas pudo contribuir a esta divergencia (Peixoto *et al.*, 2020). Las proteínas son muy importantes en la composición química de las microalgas ya que están involucradas en el crecimiento, la reparación y el mantenimiento de las células (Rosales *et al.*, 2021).

Grasas totales

Reportes previos indican que *Arthrospira* sp. muestra un contenido de lípidos de 4 a 9% (Hernandez *et al.*, 2019), la cantidad de grasas totales que produce la *Arthrospira* sp. está fuertemente ligada a la disponibilidad de nitrógeno en el

medio de cultivo, la temperatura y el pH (Ogbonda *et al.*, 2007).

Los valores de la extracción de las grasas totales de los aislados analizadas se observan en la Tabla 3. La *Arthrospira platensis* demostró un 5,69%, este valor indicaría que aislado objeto de estudio del presente trabajo podría ser investigado para la producción de biodiesel a través de transesterificación de ácidos grasos (Almeida *et al.*, 2017).

Las grasas totales reportadas por Villalba *et al.* (2018) para la misma cepa de *Arthrospira platensis* fue de 0,4%, mucho menor en comparación con la obtenida en este trabajo que fue de 5,69%. El aumento del volumen de aireación en el cultivo mejora el rendimiento general del reactor, es decir, la tasa de crecimiento específica, y el contenido de ácidos grasos producidos por las células de *Arthrospira platensis* (Srinivasa *et al.*, 2012). Esto se evidencia ya que la aireación y el fotoperiodo del cultivo de *Arthrospira platensis* en este trabajo fue de 0,45 vvm y 24 horas luz, en comparación a la de Villalba *et al.* (2018) con una aireación de 0,025 vvm y un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas de oscuridad. También la producción de ácidos grasos depende del crecimiento de algas (biomasa), influenciada por la aireación y el fotoperiodo empleado (Ruiz, 2014).

De acuerdo con el reporte de Álvarez (2018) para la cepa de *Arthrospira platensis* se registró un aumento del 27% de producción de ácidos grasos bajo luz continua frente a una condición control de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad lo cual coincide con los resultados obtenidos en este trabajo para la misma especie.

Humedad y cenizas

La determinación de humedad es una de las técnicas más importantes y de mayor uso en el procesado, control y conservación de los alimentos, puesto que la mayoría de los productos alimenticios poseen un contenido mayoritario de agua. También las cenizas son las sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, como los minerales que constituyen a las células (Tirado *et al.*, 2015).

El mayor contenido de humedad, expresado como porcentaje del peso húmedo fue para la *Arthrospira platensis* con un valor de 20,91% en comparación a los aislados analizados. A su vez los reportes de Villalba *et al.* (2018) para el parámetro de humedad de *Arthrospira platensis* fue de 7,6%. Estos valores concuerdan con los reportados por Molino *et al.* (2018) y Ogbonda *et al.* (2007) que fueron en promedio de 21% y 6,3%.

Para el parámetro de las cenizas el mayor porcentaje fue para *Arthrospira platensis* con un 9,11%, en comparación con los aislados *Arthrospira* sp. de origen argentino y chileno. Valores similares a este reporte se han registrado por Molino *et al.* (2018) y Ogbonda *et al.* (2007) los cuales mostraron un promedio entre 7,65% y 10,8%.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, la *Arthrospira platensis* posee contenido proximal apropiado para utilizarla como suplemento alimenticio por su alto porcentaje proteico y de grasas totales en comparación con los aislados

comerciales analizados.

Los parámetros proveen un aporte a la comunidad científica acerca de las bondades de esta microalga, de manera tal de abrir nuevos espacios a futuras investigaciones dentro de esta línea y así poder utilizarlas en desarrollos de nuevos productos en el país.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONACYT por la financiación de la Maestría. A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción FACEN – UNA.

Al departamento de Biotecnología por el apoyo y al Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero – INIDEP por brindarme la posibilidad de realizar los análisis correspondientes a este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, J. (2017). Obtención de bioetanol a partir de hidrólisis enzimática y fermentación de arracacha. (Tesis pregrado). Universidad central del Ecuador, Quito
- Álvarez, P. (2018). Influencia de la luz sobre la producción y la composición de la biomasa microalgal de *Spirulina platensis* LMPA55. Escuela de Posgrado - Facultad Regional Buenos Aires, 90. Retrieved from <https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/3901>
- AOAC, Official Methods of Analysis. (1990). Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. AOAC INTERNATIONAL 16th

- Ed.
AOCS, American Oil Chemists' Society. (2009). *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society*, AOCS Press, Champaign, US
- Becker, E. W. (2007). Microalgae as a source of protein. *Biotechnology Advances*, 25(2), 207–210. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2006.11.002>
- Bligh, E. G., Dyer, W. J. (1959). A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37:911-917
- Brignardello G, J., Heredia P, L., Paz Ocharán S, M., & Durán A, S. (2013). Conocimientos alimentarios de vegetarianos y veganos chilenos. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(2),129–134. doi:10.4067/s0717-75182013000200006
- Camacho Ayala, T. X. (2017). Obtención de un hidrolizado de *Spirulina (Arthrospira platensis)* en polvo, mediante secado por aspersión, como ingrediente funcional. Retrieved from <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25303/1/BQ118.pdf>
- Capelli, B., Cysewski, G. R. (2010). Potential health benefits of spirulina microalgae*. *Nutrafoods*, 9(2), 19–26. Doi: 10.1007/bf03223332
- Christaki, E., Florou-Paneri, P., & Bonos, E. (2011). Microalgae: A novel ingredient in nutrition. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(8), 794–799. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.582460>
- Duongbia, N., Chaiwongsar, S., Chai-
chana, C., & Chaiklangmuang, S. (2018). Acidic hydrolysis performance and hydrolyzed lipid characterizations of wet *Spirulina platensis*. *Biomass Conversion and Biorefinery*. doi: 10.1007/s13399-018-0350-6
- Gomont, M. (1892 '1893'). Monografía de Oscillariaceae (Nostocaceae Homocysteeae). Segunda parte. - Adiós. *Annals of Natural Sciences, Botany, Serie 7* 16:91-264, pls 1-7.
- García Maldonado, E., GallegoNarbón, A., & Vaquero, M. P. (2019). Are vegetarian diets nutritionally adequate? A revision of the scientific evidence | ¿son las dietas vegetarianas nutricionalmente adecuadas. Una revisión de la evidencia científica. *Nutricion Hospitalaria*, 36(4), 950–961.
- Gutiérrez Cuesta, R., González García, K., Rivera Hernández, Y., Acosta Suárez, Y., & Marrero Delange, D. (2017). Algas Marinas, Fuente Potencial de Macronutrientes-Marine algae, potential source of macronutrients. *Revista Investigaciones Marinas*, 37(2), 16–28. Retrieved from <http://www.cim.uh.cu/rim/>
- Hernandez Acevedo, H., Flores Ramos, L., Soto, A. R. (2019). Ácidos grasos en cepas de microalgas del banco de germoplasma de organismos acuáticos del instituto del mar del Perú (imarpe). (Trabajos originales). *Revista Peruana De Biología*, 26(3), 369
- Jacob Lopes, E., Scoparo, C. H. G., Lacerda, L. M. C. F., Franco, T. T. (2009). Effect of light cycles (night/day) on CO₂ fixation and biomass production by microalgae in photobioreactors. *Chemical Engineering*

Prieto, R.; Lamas, D. Comparación de parámetros proximales entre *Arthrospira platensis* Gomont y aislados comerciales

- and Processing: *Process Intensification*, 48(1), 306–310. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2008.04.007>
- Kamble, S. P., Gaikar, R. B., Padalia, R. B., Shinde, K. D. (2013). Extraction and purification of C-phycoyanin from dry *Spirulina* powder and evaluating its antioxidant, anticoagulation and prevention of DNA damage activity. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(8), 149–153. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2013.3826>
- Krzemińska, I., Pawlik-Skowrońska, B., Trzcńska, M., Tys, J. (2013). Influence of photoperiods on the growth rate and biomass productivity of green microalgae. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 37(4), 735–741. doi: 10.1007/s00449-013-1044-x
- Madkour, F. F., Kamil, A. E. W., & Nasr, H. S. (2012). Production and nutritive value of *Spirulina platensis* in reduced cost media. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38(1), 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2012.09.003>
- Marková, I., Koníčková, R., Vaňková, K., Leníček, M., Kolář, M., Strnad, H. Vítek, L. (2020). Antiangiogenic effects of the blue-green alga *Arthrospira platensis* on pancreatic cancer. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 24(4), 2402–2415. <https://doi.org/10.1111/jcmm.14922>
- Molino, A., Iovine, A., Casella, P., Mehariya, S., Chianese, S., Cerbone, A., Musmarra, D. (2018). Microalgae Characterization for Consolidated and New Application in Human Food, Animal Feed and Nutraceuticals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 1–21. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112436>
- Ogbonda, K. H., Aminigo, R. E., Abu, G. O. (2007). Influence of temperature and pH on biomass production and protein biosynthesis in a putative *Spirulina sp.* *Bioresource Technology*, 98(11), 2207–2211. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.08.028>
- Pedro Inês Soraia, H. (2015). Evaluation of photoperiod effect on the growth and protein content of microalgae. IC-Online. Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar. <http://hdl.handle.net/10400.8/2177>
- Parra, J., Torres, A., Rojas Tortolero, D., Arredondo-Vega, B. O., Sena, Lucia 1, Fernández Gómez, R. 1. (2019). Comparación nutricional entre dos cepas de *Arthrospira* máxima de origen geográfico incierto. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 10(2), 45–60.
- Peixoto, J. V. C., Paula, L. M. R.; Iagher, F., Silva, I. K., Dias, F. A. L., & Fogaça, R. T. H. (2020). Shark liver oil consumption decreases contractility in EDL muscle of trained rats. *Fisioterapia Em Movimento*, 33, 1–9. <https://doi.org/10.1590/1980-5918.033.a011>
- Rojas Allende, D., Figueras Díaz, F., & Durán Agüero, S. (2017). Ventajas y desventajas nutricionales de ser vegano o vegetariano. *Revista Chilena de Nutrición*, 44(3), 218–225. doi: 10.4067/s0717-75182017000300218.
- Rosales Loaiza, N. (2021) "Comparación del crecimiento y Composición Bioquímica de cuatro cepas de

- Nostoc y Anabaena (Cyanobacteria, Nostocales) en relación con el nitrato de sodio." *Revista Acta Biológica Colombiana*, vol. 21, no. 2, 2016, p. 347+. Gale OneFile: Informe Académico. Accessed 2 May.
- Ruiz Aguilar, M. (2014). Análisis del cultivo de la microalga *Chlorella vulgaris* a diferentes fotoperiodos y concentraciones de nitrógeno. Instituto Tecnológico De Tuxtla Gutiérrez. Repositorio digital. <http://repositorio-digital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/723/4891>
- Schlösser, U.G. (1982). Sammlung von Algenkulturen. Ber. Deutsch Bot. Ges. 95: 18-276.
- Soni, R. A., Sudhakar, K., Rana, R. S. (2017). *Spirulina*—From growth to nutritional product: A review. Trends in Food Science & Technology.
- Srinivasa Reddy R., Chandra Sekhar B., Chandrika Ketineni B. (2012). Aeration effect on *Spirulina platensis* growth and g-linolenic acid production. *Brazilian Journal of Microbiology*, 16(20), 12–20.
- Tirado, D., Montero, P., Acevedo, D. (2015). Estudio Comparativo de Métodos Empleados para la Determinación de Humedad de Varias Matrices Alimentarias. Información tecnológica, 26(2), 03-10. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000200002>
- Torres, A., Parra, J., Rojas, D., Fernández-Gómez, R., Valero, Y. (2014). Efecto de la suplementación de sémola de trigo con *arthrospira platensis* sobre calidad, aceptabilidad y composición física y química de espaguetis. *Vitae*, 21, n, 81-89
- Valle, E; Tirado, J. (2018). *Scenedesmus acutus* Effect of photoperiod and temperature on population growth and production of biomass, proteins and lipids from *Scenedesmus acutus*. *Caxamarca*, 17, 91–99.
- Villalba Clara; López Tomás; Albrecht Mónica. (2018). Bioprospección De *Arthrospira Platensis* Nativa Del Chaco Paraguayo Como Propuesta Alternativa Para Fines Alimentarios. Tesis. Universidad Nacional De Itapúa Facultad De Ciencias Y Tecnología. Retrieved From Space. Conacyt.Gov.Py/Xmlui/Bitstream/Handle/123456789/42696/Tesis-Claravillalba.Pdf?Sequence=1&IsAllowed=Y
- Wollina, U., Voicu, C., Gianfaldoni, S., Lotti, T., França, K., Tchernev, G. (2018). *Arthrospira platensis* – Potential in dermatology and beyond. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 6(1), 176–180. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2018.033>
- Zarrouk (1966). Construcción para el estudio de una Cyanophyceae. Influencia de varios factores físicos y químicos en el crecimiento y la fotosíntesis de *Spirulina maxima*. (Tesis) vol. 84, Universidad de París