

Tendencias en biotecnología algal en América Latina: Un análisis del VI Congreso Latinoamericano de Biotecnología Algal

Trends in algal biotechnology in Latin America: An analysis of the VI Latin American Congress of Algal Biotechnology

Maria-Lourdes Avalos, Diego Ocola & Héctor Aponte

Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas, Carrera de Biología Marina, Universidad
Científica del Sur. Lima, PERÚ

marialourdesavalos09@gmail.com

Resumen

La biotecnología en América Latina ha tenido un aumento sustancial en producciones científicas ocupando un 4,96% de la producción mundial, siendo Brasil y México los países que generan mayor producción. Desde el 2004 se lleva a cabo el Congreso Latinoamericano de Biotecnología Algal (CLABA) congregando a diferentes ramas especializadas tanto en micro y macro algas. El objetivo de este trabajo es tener una aproximación de las tendencias en biotecnología algal en América Latina utilizando como data los trabajos presentados en el VI CLABA llevado a cabo en octubre del 2017 en Lima (Perú). Con la información obtenida se organizó en una matriz donde se identificó la especie utilizada; asimismo, se clasificó según el phylum y el grupo de eucariontes/bacterias al que pertenecen. De igual manera, las investigaciones fueron clasificadas según su aplicación. Entre los grupos más estudiados a nivel de phylum se encontraron Chlorophyta (47%), Cyanobacteria (16%) y Ochrophyta (13%); por otra parte, los grupos de eucariontes/bacterias más estudiados fueron Archaeplastida (57%), Stramenopiles (24%) y Cyanobacteria (17%). Es interesante que, a pesar de ser un congreso de algas, el 16% de organismos utilizados fueron cianobacterias; esto debido probablemente a la tradición taxonómica en este grupo de organismos polifilético. Las aplicaciones más utilizadas en este congreso son orientadas a la acuicultura y al cuidado del medio ambiente.

Palabras clave: Acuicultura, Algas, Biotecnología, Chlorophyta, Taxonomía.

Abstract

The biotechnology in Latin America has had a substantial increase in scientific productions occupying 4.96% of the world production, being Brazil and México the countries that generate the highest production. Since 2004, the Latin American Congress of Algal Biotechnology (CLABA) has been held, bringing together different specialized branches in both micro and macro algae. The aim of this work is to get an approximation on the trends in algal biotechnology in Latin America using as data the researches presented in the VI CLABA carried out in October 2017 in Lima (Peru). The information was organized in a matrix where the species used were identified; likewise, it was classified according to the phylum and the groups of eukaryotes/bacteria. In the same way, the investigations were classified according to their application. Chlorophyta (47%), Cyanobacteria (16%) and Ochrophyta (13%) were among the most relevant groups in terms of phylum; on the other hand, the most outstanding group of eukaryote/bacteria were Archaeplastida (57%), Stramenopiles (24%) and Cyanobacteria (17%). It is interesting that, in spite of being a congress of algae, 16% of organisms used were cyanobacteria, probably due to the taxonomic tradition in this group of polyphyletic organisms. The most used applications in this congress are oriented to aquaculture and care of the environment.

Keywords: Aquaculture, Algae, Biotechnology, Chlorophyta, Taxonomy.

Citación: Avalos, M.; D. Ocola & H. Aponte. 2020. Tendencias en biotecnología algal en América Latina: Un análisis del VI Congreso Latinoamericano de Biotecnología Algal.

Arnaldoa 27 (1):257-266 <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27116>

Introducción

En 1919 el primer concepto de biotecnología fue acuñado por Karl Ereky, definiéndola como la línea de investigación que busca el desarrollo de productos a partir de organismos vivos (Fari & Kralovánszky, 2006). A lo largo de los años se han ido

modificando esta definición; por ejemplo, en el Convenio de Diversidad Biológica incluye ya no solo la parte productiva sino también el desarrollo de procesos (métodos) a partir de organismos vivos (Naciones Unidas, 1992). Esta especialidad de las ciencias biológicas ha tomado mucho interés en los últimos años permitiéndonos

obtener importantes avances en salud, industria y bienestar (Trujillo *et al.*, 2018). En los últimos 40 años ha existido un aumento en la investigación biotecnológica, siendo así, que en 1990 el número de artículos publicados en esta rama fue de 5427, cifra que para el 2010 se cuadruplicó a 23,292 artículos a nivel mundial; Latinoamérica no ha sido ajeno a estos cambios, encontrándose representado con un 4,96% de la producción científica mundial en esta rama de la ciencia (Ronda Pupo *et al.*, 2016). Este crecimiento en las investigaciones en biotecnología ha llevado a que algunos países latinoamericanos desarrollen un mayor número de publicaciones, siendo los 4 países con mayor producción de artículos científicos en el campo Brasil (con casi 11 mil publicaciones), seguido de México, Argentina y en cuarto lugar Chile (SJR - International Science Ranking, periodo 1996-2017).

Uno de los campos de interés de la biotecnología es la biotecnología algal, que involucra el uso de macro o micro algas para la extracción o modificación de compuestos bioactivos u otros compuestos de interés, que son utilizados en la producción (Puri, 2017). Los comienzos de esta rama de la biotecnología tuvieron lugar durante la Segunda Guerra Mundial, en donde científicos alemanes demostraron la viabilidad del cultivo de algas a gran escala para la obtención de suplementos alimenticios (Burlew, 1976). En la década de los ochenta, la biotecnología algal tuvo uno de los mayores avances, en donde varios productos a base de algas fueron producidos comercialmente; el foco principal de esta rama de la biotecnología fue la extracción de productos químicos finos de alto valor (Borowitzka, 1992). Actualmente, la biotecnología algal está presente en un mayor número de industrias, como la

acuícola, química, agrícola, alimenticia (Tseng, 2001); además, se encuentra en procesos para el tratamiento de aguas residuales, la extracción de ficocoloides, obtención de enzimas lípidos y pigmentos (Cannell, 1990), finalmente, se emplea para la producción de energía, entre ellas, la producción de hidrógeno como fuente de energía (Benemann, Miyamoto, & Hallenbeck, 1980) la producción de biogas (Montingelli, Tedesco, & Olabi, 2015) y la producción de combustibles líquidos (Chen *et al.*, 2010).

En la actualidad, China es uno de los países con mayor investigación en este campo; esta demanda se debe a que este país cuenta con muchas empresas involucradas en industrias de algas, entre las principales se encuentran la industria de la acuicultura, ficocoloides, química y farmacéutica, y de alimentos, piensos y fertilizantes (Tseng, 2001). En Latinoamérica, el interés en este campo ha ido en aumento; como consecuencia se organizan eventos como el Congreso Latinoamericano de Biotecnología Algal (CLABA) la cual congrega a especialistas en este campo desde el año 2004 teniendo hasta el día de hoy seis ediciones. Dado que una de las formas en las que se puede evaluar la tendencia de las investigaciones en un campo puntual de la ciencia es evaluando los trabajos presentados en las reuniones científicas (Loría *et al.*, 2006; San Román *et al.*, 2004), el presente estudio busca discutir tener una aproximación a las tendencias en biotecnología algal en América Latina utilizando como data los trabajos presentados en el VI CLABA llevado a cabo en octubre del 2017 en Lima (Perú).

Materiales y métodos

La información utilizada para este trabajo comprende todos los estudios presentados

en el IV CLABA. Con estos datos, se realizó una matriz donde se identificó las especies utilizadas en cada investigación. Las especies fueron clasificadas según su phylum (Algaebase, 2018), el dominio al que pertenecen (Hug *et al.*, 2016) y su grupo de eucariontes (Baldauf, 2008) o bacterias (Hug *et al.*, 2016) según sea el caso. Asimismo, cada investigación fue clasificada según su aplicación en acuicultura, medio ambiente, medicina, industria alimentaria, biocombustibles, agricultura, industria cosmética, industria energética, zootecnia y otros.

El total se evaluaron 112 trabajos provenientes de Perú (32), Chile (21), Colombia (14), Brasil (13), Argentina (12) y México (12), Costa Rica (4), Ecuador (2), España (1) y Portugal (1). Si bien España y Portugal no son países de América Latina, estos dos trabajos fueron mantenidos para la evaluación.

Resultados

Grupos taxonómicos más estudiados

En base a la información recopilada, se encontró que el 47% de los trabajos utilizaron especies pertenecientes a los phylum Chlorophyta, seguido por las Cyanobacteria con un 16%; con un menor porcentaje se encuentran los trabajos realizados con Ochrophyta (13%), Bacillariophyta (11%), Rhodophyta (8%), Charophyta (2%), y Dinophyta, Bigyra y Euglenozoa (con un 1% respectivamente) (Fig. 1a). Los grupos de eucariontes y bacterias a los que estos phylum pertenecen son Archaeplastida (57%, con las Chlorophyta y Rhodophyta), seguido de Stramenopiles (Ochrophyta, Bigyra y Bacillariophyta; con un 24%), Cyanobacteria (17%), Alveolados (Dinophyta, 1%) y Discicristata (Euglenozoa, 1%) (Fig. 1b).

Los taxa más estudiados fueron para las Chlorophyta *Chlorella* sp. (con 16 estudios); para Cyanobacteria, *Arthrospira platensis* (5); para Ochrophyta, *Lessonia trabeculata* (5); para Rhodophyta, *Chondracanthus chamissoi* (4); para Bacillariophyta, *Phaeodactylum tricorutum*; para Euglenozoa la única especie estudiada fue *Euglena gracilis* (1); en el caso de Bigyra, se estudió una cepa de thraustochytridos (1).

Aplicaciones predominantes

Se pudo identificar a la acuicultura como el área de aplicación predominante (con 27 trabajos) seguido de conservación del medio ambiente (23), medicina (14), industria alimentaria (11), biocombustibles (5), agricultura (3), industria cosmética (2), industria energética (2), zootecnia (1) y otros (24). Con respecto a los phylum anteriormente expuestos, se observó que Chlorophyta tuvo una mayor presencia en la aplicación de conservación del medio ambiente (19), en acuicultura (10) e industria alimentaria (6); por otra parte, Cyanobacteria tuvo mayor presencia en acuicultura (7), industria alimentaria (3) y conservación del medio ambiente (3); en cuanto a Rhodophyta y Bacillariophyta, tuvieron mayor relevancia en acuicultura (6) que en otras aplicaciones, del mismo modo que Ochrophyta en medicina (6). Además, los trabajos que emplearon especies de Euglenozoa y Bigyra se encontraron dentro de la aplicación de medicina; del mismo modo, Dinophyta en acuicultura (Fig. 2a).

Las Archaeplastida tuvo una mayor presencia en la aplicación de conservación del medio ambiente (19); en cuanto a Stramenopiles, la aplicación predominante es medicina (8); para Cyanobacteria la aplicación es acuicultura (7); en el caso de los Alveolados se encontró en acuicultura (1) y Discicristata en medicina (1) (Fig. 2b).

Discusión

El grupo taxonómico Archaeplastida fue el grupo más estudiado, lo que puede estar relacionado a que contiene una gran cantidad de organismos con una amplia variabilidad morfológica, abarcando desde formas microscópicas hasta macroscópicas (Richmond, 2004). El género más estudiado se encuentra en este grupo (*Chlorella sp.*), cuyas especies son bastante frecuentes en múltiples ecosistemas y tienen muchos usos, desde el tratamiento de aguas hasta la alimentación humana (Iwamoto, 2004). Este género ha sido utilizado también en todas las aplicaciones, siendo predominante en conservación del medio ambiente donde es empleado para el tratamiento de efluentes por su tolerancia a ambientes hostiles con elevadas concentraciones de nutrientes, temperatura, pH y salinidad (Salazar, Bernal, & Martínez, 2005). Por otra parte, *Chondracanthus chamissoi* fue la especie con mayor número de trabajos presentados dentro de las Rhodophyta; esto puede estar relacionado a que esta especie ha presentado un aumento en la demanda para la extracción de carragenano y para consumo humano en países asiáticos (Bulboa & Macchiavello, 2006), lo que ha conllevado a un conjunto de innovaciones en el ámbito de la acuicultura, para poder cubrir el volumen y calidad de demanda (Macchiavello et al., 2012); esta tendencia puede verse reflejada en el presente estudio, donde *Chondracanthus chamissoi* tuvo predominancia en la aplicación de acuicultura. El segundo phylum más estudiado fue el Cyanobacteria donde encontramos especies de gran adaptabilidad a climas extremos (Velázquez & Quesada, 2011) y a la gran variabilidad de ambientes en que se les puede encontrar (Iwamoto, 2004), razón por la que podrían ser preferidos para los estudios biotecnológicos. Sabiendo estas

tendencias, podría considerarse proponer simposios puntuales para estos taxa en una próxima versión del CLABA.

Entre los grupos con menos trabajos presentados se encontraron los phylum Euglenozoa (Discrystata), Bigyra (Stramenopiles) y Dinophyta (Alveolados). Aunque estos organismos fueron empleados en bajo porcentaje, tienen un gran potencial biotecnológico. En el caso de Euglenozoa, la especie estudiada fue *Euglena gracilis*, la cual es de gran interés debido a que es uno de los pocos microorganismos que produce vitaminas antioxidantes como el β -caroteno y vitaminas C y E (Takeyama *et al.*, 1997). En el caso de Dinophyta, estos organismos son una fuente potencial de ácidos grasos insaturados ω -3, eicosapentaenoicos y docosaesenoicos (Iwamoto, 2004). Los organismos evaluados en el phylum Bigyra fueron traustocitridos. Estos organismos pueden producir altos porcentajes de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y un rendimiento potencialmente mejor de DHA y EPA a través de la fermentación (Gupta, Barrow, & Puri, 2012), por lo cual son utilizados tanto en maricultura como en medicina (Lewis, Nichols, & McMeekin, 1999). Teniendo en cuenta estos datos, es importante considerar a estos taxa en propuestas de financiamiento e investigación ya que son los grupos de organismos de los cuales se conoce menos y que podrían tener otras aplicaciones (que solo los trabajos de investigación permitirán conocer).

Resulta interesante que el segundo grupo más estudiado corresponda un phylum de bacteria (Cyanobacteria) que hasta hace algunas décadas era tratado como alga. Asimismo, el presente estudio revela la importante presencia de taxones de eucariontes que clásicamente fueron tratados como algas (*sensu lato*), pero que en

la actualidad se han reubicado en el “árbol” de la vida. Estos grupos de eucariontes no archaeplastida (por ejemplo, Stramenopiles, Alveolados y Discristados, los cuales han sido mencionados en el presente estudio) tienen características muy distintas a las archaeplastida (Baldauf, 2008; Burki *et al.*, 2016) lo que hace necesario estudiarlos independientemente. Los procariontes y eucariontes no archaeplastida representan un 43% del total de trabajos presentados en el VI CLABA, por lo que no son un número pequeño de trabajos, sino casi la mitad de los mismos. Sería adecuado empezar a incluir esta nueva clasificación; las actualizaciones taxonómicas permiten mantener el conocimiento acorde a los avances y descubrimientos (Cazorla-Perfetti, 2017). Consideramos que es importante se tengan en cuenta estos nuevos grupos en las próximas ediciones del

CLABA, mencionándolos por ejemplo en los títulos de los trabajos o creando secciones separadas, de manera que se pueda a) trabajar con clasificaciones actualizadas y b) tratar a los organismos acorde a los conocimientos de sus clasificaciones más recientes; es decir, tratar a los taxones por lo que son evitando generalizar atributos al tratar a todos los grupos estudiados como algas.

El presente trabajo mostró que Perú contó con la mayor cantidad de trabajos presentados; esto puede deberse a que en esta oportunidad Perú fue el país anfitrión. Como se mencionó anteriormente, Brasil y México son los países con mayor producción de investigación en el campo de la biotecnología por lo que podrían estar subrepresentados en el presente estudio. A pesar de ello, consideramos

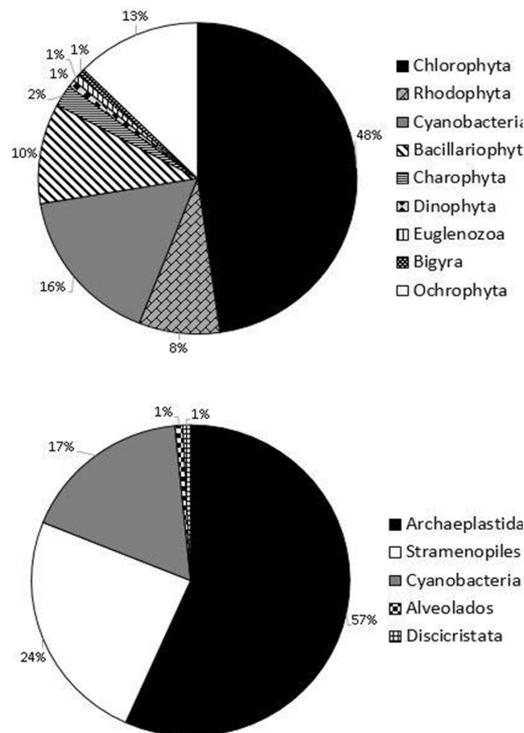


Fig. 1. Porcentajes de trabajos que utilizaron según su a) phylum y b) grupo de eucariontes

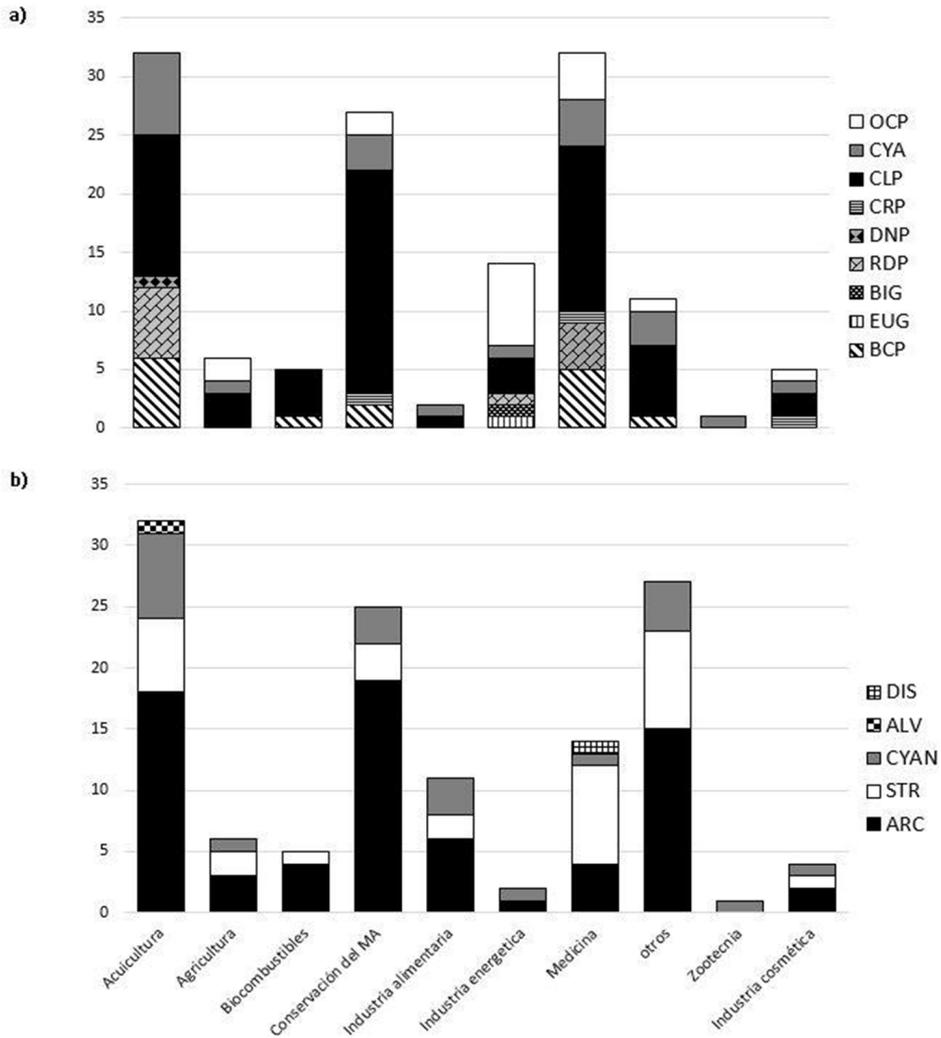


Fig. 2. Aplicaciones de la Biotecnología según a) phylum y b) grupo de eucariontes o bacterias. Para los phylum OCP=Ochrophyta, CYA=Cyanobacteria, CLP=Chlorophyta, CRP= Cryptophyta, DNP=Dinophyta, RDP= Rhodophyta, BIG=Bigyra, EUG= Euglenozoa y BCP= Bacillariophyta; para los grupos de eucariontes y bacterias DIS= Discicristata, ALV= Alveolata, CYA=Cyanobacteria, STR= Stramenopiles y ARC= Archaeplastida.

que la muestra de trabajos evaluados nos permite aproximarnos al conocimiento de los intereses de investigación que tiene la comunidad científica que se dedica a la biotecnología algal en América latina y aporta con propuestas importantes a considerarse para las próximas ediciones

del CLABA.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Científica del Sur, por el apoyo logístico y las facilidades brindadas para el desarrollo del presente estudio.

Contribución de los autores

M. L. A.: Procesamiento de datos, análisis e interpretación de los resultados obtenidos y redacción del artículo; D. O.: Procesamiento de datos, análisis e interpretación de los resultados obtenidos y redacción del artículo; H. A.: Obtención de datos, análisis e interpretación de los resultados obtenidos y redacción del artículo.

Todos los autores han leído el manuscrito final y aprobado la revisión.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Literatura citada

- Algaebase.** 2018. Recuperado el 1 de noviembre de 2018, de Algaebase: Listing the World's Algae website: <http://www.algaebase.org/>
- Baldauf, S.** 2008. An overview of the phylogeny and diversity of eukaryotes. *46*, 263–273.
- Benemann, J. R.; K. Miyamoto & P. C. Hallenbeck.** 1980. Bioengineering aspects of biophotolysis. *Enzyme and Microbial Technology*, 2(2), 103–111. [https://doi.org/10.1016/0141-0229\(80\)90064-2](https://doi.org/10.1016/0141-0229(80)90064-2)
- Borowitzka, M. A.** 1992. Algal biotechnology products and processes—Matching science and economics. *Journal of Applied Phycology*, 4(3), 267–279. <https://doi.org/10.1007/BF02161212>
- Bulboa, C. & J. Macchiavello.** 2006. Cultivo de frondas cistocárpicas, tetraspóricas y vegetativas de *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales) en dos localidades del norte de Chile. *Investigaciones marinas*, 34(1), 109–112. <https://doi.org/10.4067/S0717-71782006000100010>
- Burki, F.; M. Kaplan; D. V. Tikhonenkov; V. Zlatogursky; B. Q. Minh; L. V. Radaykina; A. Smirnov; A. P. Mylkinov & P. J. Keeling.** 2016. Untangling the early diversification of eukaryotes: A phylogenomic study of the evolutionary origins of Centrohelida, Haptophyta and Cryptista. *Proc. R. Soc. B*, 283(1823), 20152802. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.2802>
- Burlew, J. S.** 1976. *Algal culture, from laboratory to pilot plant.* Washington: Carnegie Institution.
- Cannell, R. J. P.** 1990. Algal biotechnology. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 26(1), 85–105. <https://doi.org/10.1007/BF02798395>
- Cazorla-Perfetti, D.** 2017. Sobre la nomenclatura taxonómica y sistemática de los apicomplejos. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 34, 351–351. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2017.342.2849>
- Chen, P.; M. Min; Y. Chen; L. Wang; Y. Li; Q. Chen; C. Wang; Y. Wan; X. Wang; Y. Chen; S. Deng; K. Hennessy; X. Lin; Y. Liu; Y. Wang; B. Martinez & R. Ruan.** 2010. Review of biological and engineering aspects of algae to fuels approach. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2(4), 1–30. <https://doi.org/10.25165/ijabe.v2i4.200>
- Fari, M. & U. Kralovánszky.** 2006. The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereky. *International Journal of Horticultural Science*, 12(1), 9–12.
- Gupta, A.; C. Barrow & M. Puri.** 2012. Omega-3 biotechnology: Thraustochytrids as a novel source of omega-3 oils. *Biotechnology Advances*, 30(6), 1733–1745. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2012.02.014>
- Hug, L. A.; B. J. Baker; K. Anantharaman; C. T. Brown; A. J. Probst; C. Castelle; C. Butterfield; A. Henssdorf; Y. Amano; K. Ise; Y. Suzuki; N. Dudek; D. Relman; K. Finstad; R. Amundson; B. Thomas & J. Banfield.** 2016. A new view of the tree of life. *Nature Microbiology*, 1(5), 16048. <https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2016.48>
- Iwamoto, H.** 2004. Industrial Production of Microalgal Cell-mass and Secondary Products – Major Industrial Species. En *Handbook of microalgal culture: Biotechnology and applied phycology* (pp. 255–263). Oxford, OX, UK ; Ames, Iowa, USA: Blackwell Science.
- Lewis, T. E.; P. D. Nichols & T. A. McMeekin.** 1999. The Biotechnological Potential of Thraustochytrids. *Marine Biotechnology*, 1(6), 580–587. <https://doi.org/10.1007/PL00011813>
- Loría-Castellanos, J.; R. O. Pérez Cuevas & G. Márquez.** 2006. Características de los trabajos de tesis realizados en una sede del posgrado en Urgencias (1991-2004). *Educación Médica Superior*, 20(2), 0–0.

- Macchiavello, J.; C. Bulboa; C. Sepúlveda; K. Véliz; F. Sáez; L. Vega & R. Véliz.** 2012. Manual de Cultivo de *Chondracanthus chamissoi* (p. 47). FONDEF.
- Montingelli, M.; S. Tedesco & A. Olabi.** 2015. Biogas production from algal biomass: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 961–972.
- Naciones Unidas.** 1992. Convenio de la Diversidad Biológica. Recuperado de <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Puri, M.** 2017. Algal biotechnology for pursuing omega-3 fatty acid (bioactive) production. *Microbiology Australia*, 38(2), 85–88. <https://doi.org/10.1071/MA17036>
- Richmond, A.** 2004. Handbook of microalgal culture: Biotechnology and applied phycology. Oxford, UK; Ames, Iowa, USA: Blackwell Science.
- Ronda Pupo, G. A.; Y. Ronda Danta; Y. Leyva Pupo; G. A. Ronda Pupo; Y. Ronda Danta & Y. Leyva Pupo.** 2016. Correlación entre las medidas de centralidad de los países y el impacto de sus artículos. Caso de estudio de la investigación sobre biotecnología en Latinoamérica. *Investigación bibliotecológica*, 30(69), 75–94. <https://doi.org/10.1016/j.ibbai.2016.04.013>
- Salazar, M.; V. Bernal & E. Martínez.** 2005. Tratamiento de efluentes anaerobios con microalgas clorofitas (*Chlorella vulgaris* y *Sphaerocystis* sp). 1.
- San Román Terán, C. M.; J. Alcalá-Zamora Salinas; M. Guil García; S. Fernández Sepúlveda; J. M. Laín Guelvenzu & S. Peláez Domínguez.** 2004. Mala conducta científica en la comunicación de resultados biomédicos, ¿costumbre consagrada por el uso o laxitud de la ética? *Revista Clínica Española*, 204(8), 393–397. [https://doi.org/10.1016/S0014-2565\(04\)71498-8](https://doi.org/10.1016/S0014-2565(04)71498-8)
- SJR - International Science Ranking.** (s/f). Recuperado el 5 de noviembre de 2018, de <https://www.scimagojr.com/countryrank.p?category=1305®ion=Latin%20America>
- Takeyama, H; A. Kanamaru; Y. Yoshino; H. Kakuta; Y. Kawamura & T. Matsunaga.** 1997. Production of antioxidant vitamins, β -carotene, vitamin C, and vitamin E, by two-step culture of *Euglena gracilis* Z. *Biotechnology and Bioengineering*, 53(2), 185–190. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0290\(19970120\)53:2<185::AID-BIT8>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0290(19970120)53:2<185::AID-BIT8>3.0.CO;2-K)
- Trujillo, I.; O. Pérez; A. Silvia; C. Camacho & E. Salazar.** 2018. Innovaciones Biotecnológicas como Estrategia de Adaptación ante el Cambio Climático. *Tekhné*, 21(2). Recuperado de <http://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/temas/index.php/tekhne/article/view/3686>
- Tseng, C. K.** 2001. Algal biotechnology industries and research activities in China. 13(4), 375–380.
- Velázquez, D. & A. Quesada.** 2011. Las cianobacterias en ambientes polares. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 20(1), 14–22.