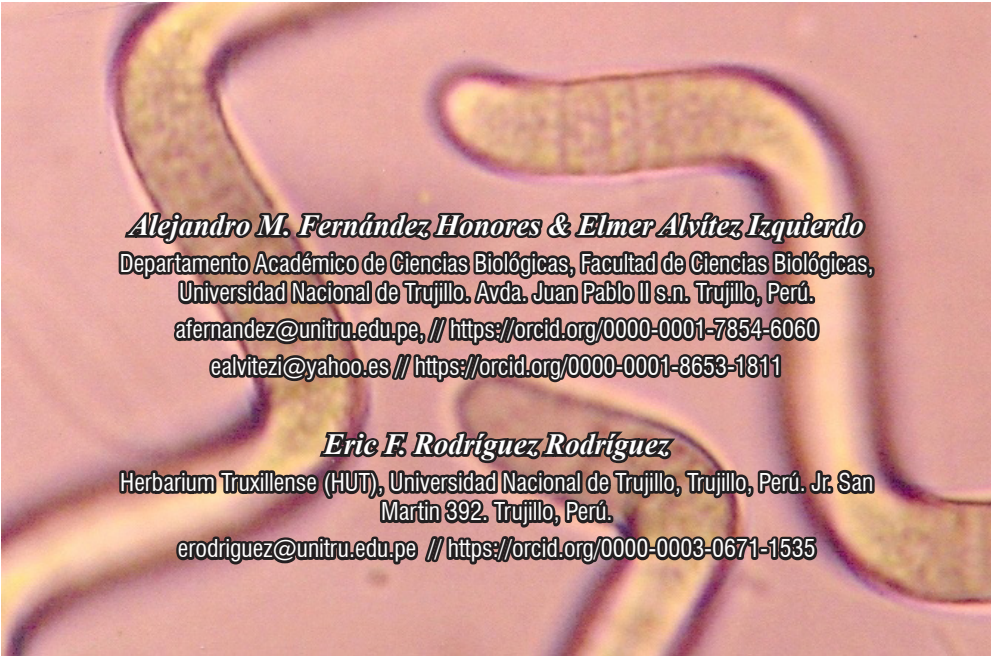


**Taxonomía e importancia de “spirulina”
Arthrospira jenneri (Cyanophyceae:
Oscillatoriaceae)**

**Taxonomy and importance of “spirulina”
Arthrospira jenneri (Cyanophyceae:
Oscillatoriaceae)**



Alejandro M. Fernández Honores & Elmer Alvítez Izquierdo
Departamento Académico de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Biológicas,
Universidad Nacional de Trujillo. Avda. Juan Pablo II s.n. Trujillo, Perú.
afernandez@unitru.edu.pe, // <https://orcid.org/0000-0001-7854-6060>
ealvitezi@yahoo.es // <https://orcid.org/0000-0001-8653-1811>

Eric F. Rodríguez Rodríguez
Herbarium Truxillense (HUT), Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Jr. San
Martín 392. Trujillo, Perú.
erodriguez@unitru.edu.pe // <https://orcid.org/0000-0003-0671-1535>

Resumen

Se revisa la posición taxonómica de la Cianobacteria "spirulina" que corresponde a una forma espiralada septada y se utiliza en la alimentación humana, siendo el nombre correcto *Arthrospira jenniferi* Stizenberger ex Gomont (Oscillatoriaceae). De igual manera se resume la descripción de la especie, el medio de cultivo de Laboratorio e Industrial y su importancia en la alimentación y salud.

Palabras Clave: taxonomía e importancia de "spirulina", *Arthrospira*.

Abstract

We review the taxonomic position of the Cyanobacteria "spirulina" corresponding to a spirally septate form and is used in the human diet, belong the correct name *Arthrospira jenniferi* Stizenberger ex Gomont (Oscillatoriaceae). The description of the species, the laboratory and industrial culture medium and its importance in nutrition and health are also summarized.

Keywords: taxonomy and importance of "spirulina", *Arthrospira*.

Citación: Fernández, A.; E. Alvítez & E. Rodríguez.. 2019. Taxonomía e importancia de "spirulina" *Arthrospira jenniferi* (Cyanophyceae: Oscillatoriaceae). Arnaldoa 26 (3): 1091-1104 2019.

<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26316>

Introducción

Las cianofitas conocidas como "algas verde-azules" o "cianobacterias", son organismos procarióticos, fotosintéticos, muy antiguos y posiblemente aparecieron hace unos 2,7 billones de años (estromatolitos) (Urbach *et al.*, 1992; Buick, 1992; Brasier *et al.*, 2002).

Una de las características de las cianofitas, es la plasticidad que presentan frente a los diferentes medios ecológicos en que se desarrollan, esto ha traído una gran confusión en la determinación de especies y aun de géneros, es decir un mismo organismo adquiere diferentes formas (ecofenos) según el medio en que viven; por ejemplo el género *Lyngbya* C.Agardh ex Gomont, se caracteriza por poseer en el tricoma, una envoltura o vaina gelatinosa, pero si el tricoma se desprende de la vaina, se le designa *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont, esto es, un mismo taxón y se le ha clasificado en dos géneros diferentes; uno de estos casos es la clasificación de *Spirulina* Turpin ex Gomont y *Arthrospira* Stizenberger ex Gomont.

Las cianofitas al igual que la mayoría de las algas, son importantes dentro de la economía de los cuerpos de agua dulce como: alimento básico dentro de la cadena trófica, como fijadoras de nitrógeno atmosférico y algunas de ellas pueden constituir recursos alimentarios para el hombre, como es el caso del género *Nostoc* Vaucher ex Bornet & Flahault, que en nuestro medio, en la zona andina, se le conoce como "cushuro" y es utilizado desde épocas inmemorables directamente en la alimentación e inclusive se expenden en los mercados (Fernández, 1969). No obstante, merece especial mención el alga "spirulina", la cual ha sido analizada químicamente y por su alto poder nutritivo, constituye un excelente recurso alimentario y recomendado su uso en los países pobres (Moorhead & Morgan, 1993; Dillion *et al.*, 1995; Fox, 1996).

En el Perú, el hábitat natural es la costa en la cual existen ecosistemas frágiles, denominadas "humedales" cuyas características ecológicas constituyen el medio preferido para el desarrollo

de la “spirulina” (Fernández, 1969). Actualmente se cultiva en forma masiva en diversas partes de mundo (Fox, 1997). Sin embargo, los nombres taxonómicos asignados a “spirulina” son diversos, no existiendo un consenso entre los científicos.

En la presente investigación se realiza principalmente la posición sistemática correcta de la especie “spirulina”, su composición química, medio de cultivo y su importancia en la nutrición.

Material y métodos

El material biológico procede de los humedales (ambientes con pozos, charcos, lagunillas, etc., con agua de filtración) de la provincia Ascope: Puerto Chicama, Macabí y Tres Palos; y provincia Trujillo: Puerto Salaverry y Caleta de Huanchaco (Fig. 3B)(colecciones: A. Fernández, E. Alvitez & E. Rodríguez 1-12-Ficoteca-HUT). En Puerto, Chicama se confeccionaron varios pozos (Fig. 3A) a unos 200 m de la playa (13 m de largo, 2 m. de ancho y 1 m de profundidad); el agua procede de filtración, al poco tiempo de su formación, los pozos fueron colonizados totalmente por “spirulina”.

El suelo arenoso de esta zona está cubierta totalmente por “salitre”, y la vegetación macrofítica en la parte húmeda estuvo compuesta principalmente por: *Schoenoplectus americanus* (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller “junco”, *Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Soják “totora” (Cyperaceae) integrante principal delas comunidades de los totorales, *Typha angustifolia* L. “enea”, “inea” (Typhaceae) conforma los “eneales”, “tifales”, y rodeando a los humedales se encuentran los gramadales con *Distichlis spicata* (L.) Greene “grama salada”, como el biotipo principal, otras especies de gramíneas

asociadas son: *Paspalum vaginatum* Sw. “nudillo” y *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth “grama” (Poaceae), además *Pluchea microcephala* R.K. Godfrey, *Spilanthes leiocarpa* DC. “turre macho” (Asteraceae), *Heliotropium curassavicum* L. “hierba del alacrán” (Boraginaceae), *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott (Amaranthaceae), *Phyla nodiflora* (L.) Greene “turre hembra” (Verbenaceae), entre otras. Por otro lado, en el espejo de agua se encuentra en forma abundante *Chara globularis* Thuiller “chara” (Characeae).

El análisis del medio donde e desarrolla “spirulina”:

Temperatura.....21-24° C
 Salinidad5-6%
 pH.....9,2%
 Carbonato de sodio.....(Na₂C03; NaHC0₃)

La correcta posición sistemática y la determinación de la especie se basan en el análisis de la literatura existente, sobre todo en Gomont (1892), Drouet (1968) y Fernández (1969). Lo referente a los medios de cultivo e importancia nutritiva principalmente se basa en Zarrouk (1966), Planchon & Fuentes (1993), Fernández (1994) y Fox (1996).

El análisis se llevó a cabo en el Laboratorio de Botánica Criptogámica del departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT).

Resultados

A. Taxonomía de las cianobacterias espiraladas (“spirulinas”), Oscillatoriaceae:

Clave:

1. Tricoma aparentemente unicelular, septos transversos observables al microscopio nico.....*Spirulina*
2. Tricoma multicelular; septos transversos observables al microscopio de luz*Arthrospira*

Según Drouet (1968):

El género *Spirulina* Turpin ex Gomont, presenta una sola especie: *Spirulina subsalsa* Oersted.

El género *Arthrospira* Stizenberger ex Gomont, presenta dos especies: *Arthrospira jenneri* Stizenberger ex Gomont y *Arthrospira brevis* (Kützting) Drouet.

B. Descripción original del género y de la especie:

Arthrospira Stizenberger ex Gomont

Arthrospira Stizenberger [Hedwigia 1 (7): 32. 1854] ex Gomont, Ann. Sci. Nat. VII. Bot. 16: 246. 1892.

Tipo: A. Jenneri Stizenberger ex Gomont

Trichomata cylindracea, evaginata, in spiram eximie regularem plus minusve laxam contorta, apice aequalia aut attenuata; cellula apicalis superne rotundata; calyptra nulla. Plantae hydrophilae aut halophilae, nunquam terrestres.

Arthrospira jenneri Stizenberger ex Gomont, Ann. Sci. Nat. VII. Bot. 16: 247, pl. VII: fig. 26 (como 'Jenneri'), loc. cit. 1892.

Tipo: England: Tunbridge, September 1844, E. Jenner 7 (BM).

Sinonimia:

=*Arthrospira gomontiana* Setchell

=*Arthrospira fusiformis* (Voronichin) Komárek & J.W.G.Lund

=*Arthrospira maxima* Setchell & N.L.Gardner

=*Arthrospira platensis* Gomont

=*Limnospira fusiformis* (Voronichin) Nowicka-Krawczyk, Mühlsteinová & Hauer

=*Oscillatoria jenneri* (Stizenberger ex

Gomont) Compère

=*Oscillatoria platensis* (Gomont) Bourrelly

=*Spirulina jenneri* (Stizenberger ex Gomont) Geitler

=*Spirulina jenneri* var. *platensis* Nordstedt

=*Spirulina maxima* (Setchell & N.L.Gardner) Geitler

=*Spirulina geitleri* G.De Toni

=*Spirulina gomontiana* (Setchell) Geitler

=*Spirulina platensis* (Gomont) Geitler, etc.

Descripción original sensu Gomont, M. 1892: 247, pl. VII: fig. 26.

Trichomata plus minusve saturate reruginea, stratum tenue formantia a ut in ter alias Algas sparsa, fragilia, in spiram laxam, diametro 9u. ad 15u requantem contorta, frequenter in caducei figuram implicata, ad genicula baud raro subconstricta, apice aequalia, baud capitata, 5u ad 8u crassa; anfractus 21u ad 31u inter se distantes; arliculi subquadrati aut diametro breviores, 4u ad 5u longi, protoplasmate vix granuloso farcti; dissepimenta interdum subtiliter granulate (v. s.).

Descripción sensu Drouet, F. 1968: 216-217, 339: fig. 84, 85.

Trichomata aeruginea, luteo-viridia, olivacea, fusca, rosea, violacea, vel cinereo-viridia, cylindrica, ad dissepimenta passim constricta, diametro 3-8u crassa, partim et passim increscentia passim decrescentia, ambitu spiralia nonnunquam curvantia vel recta, longitudine indeterminata, per destructionem cellulae intercalaris vel per constrictionem ad dissepimentum frangentia, aliquot cellulas terminales saepe aliquantum attenuantia. Cellulae quadratae vel breviores quam latae, 2-4u longae, protoplasmate homoganeo vel granuloso, nonnunquam

pseudovacuolato, dissepimentis et membranis parietalibus granulatis. Cellula apicalis primum cylindrica deinde hemisphaerica, membrana superna non incrassata. Materia vaginalis hyalina, chlorozincico iodurato non caerulescens. Planta trichomata longa vel brevia nuda aut in muco amorpho vel solitaria in vaginis plus minusve discretis comprehens.

Descripción Taxonómica

Tricomas verde azulado, cortos o largos, por lo común gregarios, de 7-8 µm de diámetro, espiralados o helicoidales, de 5-9 espiras (5-7) o numerosas, cerradas del mismo diámetro en toda su longitud, a veces ligeramente atenuado hacia los extremos; células más anchas que largas, sub-cuadradas de 3-4 µm o más de longitud; protoplasto generalmente pseudovacuolado, con gránulos en

las paredes transversales a menudo difíciles de visualizar por lo denso de las pseudovacuolas, célula terminal hemiesférica, a veces ligeramente atenuada y a modo de una caliptra, membrana apical externa delgada. Los tricomas presentan activo movimiento, el movimiento se origina de uno de los extremos, en forma lenta y se orienta hacia todo el cuerpo del tricoma, originando un desplazamiento de rotación. Se propaga por fragmentación de la espira (semiespiras-varias células-hormogonio).

C. Ecología

Habita en charcos, pozas, acequias, lagunillas, a poca profundidad y de permanente filtración, en la costa peruana (húmedales), agua alcalina (carbonato o bicarbonato de sodio). Son cosmopolitas.

D. Análisis y Medios de Cultivo

Tabla 1. Análisis químico de "spirulina" según ACMA (Planchón & Fuentes, 1993).

Proteínas	70% (18 aminoácidos)
Vitaminas	A, B, D, E, PP
Minerales	Ca, Fe, Zn, Mg, Na, K
Ácidos grasos	5%
Carbohidratos	16.50%
Lípidos	7.00%
Xantófilas	1,600 mg/kg (promedio)

(*) Association pour Combattre la Malnutrition par l'Aquaculture (ACMA)

Tabla 2. Aporte de 15 g de "spirulina" por día.

Proteínas (digestibilidad 95%)	150%
Carbohidratos (11 kcal)	0,003%
Betacaroteno	08 veces
Vitamina B ₁₂	10 veces
Vitamina B ₁	150%
Vitamina B ₂	23%
Vitamina B6	2,25%
Vitamina PP	20%
Vitamina E	20%
Ácido linoleico	2,50%

Tabla 3. Medio de Cultivo Zarrouk (Laboratorio)(Zarrouk, 1966)

NaHCO ₃	16,8 g/l H ₂ O
K ₂ HPO ₄	0,5
NaNO ₃	2,5
K ₂ SO ₄	1,0
NaCl	1,0
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,2
CaCl ₂	0,04
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0,01
EDTA	0,08 (Ácido tetracético diamino etileno)

Tabla 4. Sal de mar (medio de cultivo Industrial ACMA (Francia) (Planchón & Fuentes, 1993).

Agua filtrada	100 l
Sal de mar	700 g
K ₂ HPO ₄	3,5 g
FeSO ₄	0,43 g
NH ₄ HCO ₃	12,5 g

Tabla 5. Salitre (medio de Cultivo Industrial) SOLARIUM (Chile) (Planchón & Fuentes, 1993).

Agua destilada	100 l
Salitre	300 g
Sal	500 g
NaHCO ₃	700 g
Solución Fe	
FeSO ₄	50 g
H ₂ SO ₄	10 ml
Urea	20 g
Solución P	
Fosfato di amónico	100 g
HCL	50 l
H ₂ O	1000 l

-Cada solución se agrega en la relación 1l solución x 5 l medio de cultivo

-Los medios pueden guardarse a la sombra durante dos meses

-Agitar bien antes de ser usados

-pH.9,3 (óptimo) (8,5-10)

-Temperatura: 35-40°C (día) y 15-20°C (noche). Optimo 20-40 °C.

-Salinidad: 5g/l.

E. “Spirulina” y Medio de Cultivo: la distribución de CO₂, nutrientes y luz.
Figs. 1, 2 y 3A.

Lacaz (1996) enumera 5 condiciones básicas para un buen crecimiento de las algas en medio de cultivo:

1. Suplemento de CO₂
2. Presencia de minerales en condiciones adecuadas
3. Iluminación con luz apropiada longitud de onda
4. Mantenimiento a temperatura óptima y pH adecuado.
5. Agitación adecuada de las células para prevenir la sedimentación y asegurar

El medio de cultivo más apropiado y utilizado en el Laboratorio, es el medio de Zarrouk (Zarrouk, 1966) (Tabla 3, Fig. 2) y de los medios industriales recomendados son el ACMA y SOLARIUM (Tabla 4 y 5).

En el medio Zarrouk, el mayor crecimiento se obtiene en los primeros 5 días de cultivo (Luján, 2000). Aunque los medios de cultivo industriales son de fácil manejo, en nuestro medio, como son los humedales de la costa (Pisco, Lima, Trujillo, otras zonas), lo podemos llevar a cabo construyendo pozas como las realizadas en Puerto Chicama o Macabí (Ascope)(Figs. 2, 3A).

Existen otros estudios cuyo medio de cultivo nutritivo es a base de residuos de pescado. Al respecto, Zafra *et al.* (2013) indican que en el cultivo experimental de

"spirulina" la mayor densidad y tasa de crecimiento fue de $2,08 \times 10^3$ tricomas mL⁻¹ y 0,377 día⁻¹ a una concentración de 15 mL de residuos de anchoveta.

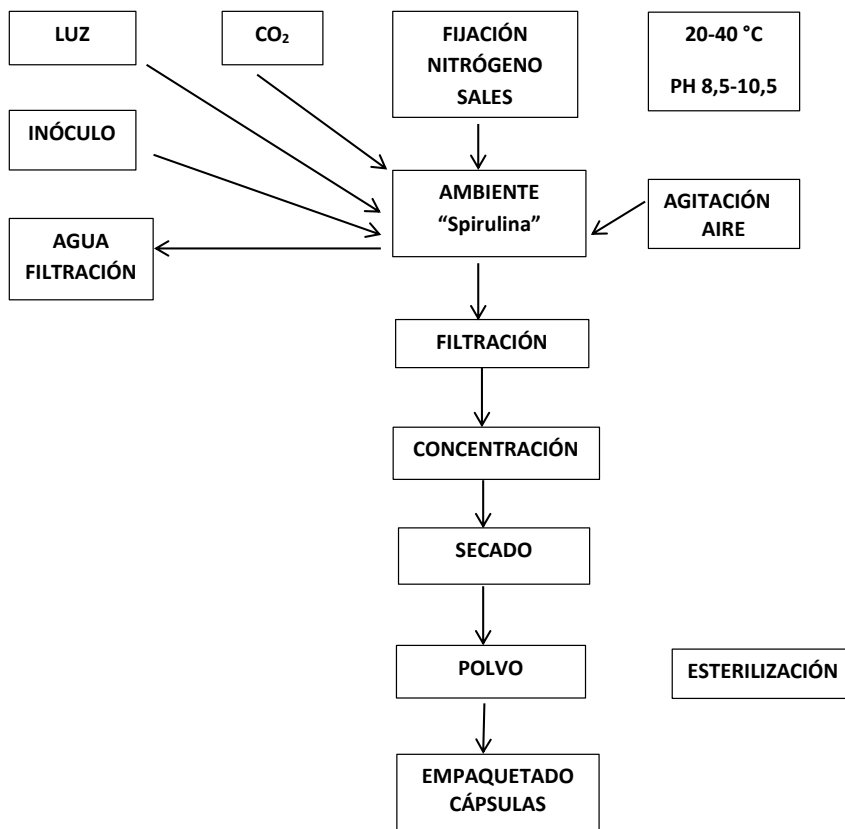


Fig. 1. Diagrama del proceso de cultivo natural de "spirulina" (Adaptado de Fox, 1996).

F. "Spirulina" en la Nutrición:

En los países pobres como el nuestro, como una medida para combatir la desnutrición de la niñez, se ha iniciado hace varias décadas, la búsqueda de fuentes de proteínas de bajo costo y fácil acceso que puedan incluirse en la dieta alimenticia, y es precisamente "spirulina" que por su alto contenido en proteínas (70 % de la materia seca), vitaminas y otros elementos (Tabla

1 y 2) y por la facilidad de cultivo en masa (Leonard & Compère, 1967; Venkataraman & Nigan, 1981; Venkataraman, 1983), se le recomienda como suplemento para la dieta humana, sobre todo para combatir la mal nutrición y otras dolencias (Dillion *et al.*, 1995; Fox, 1996), también para animales de interés pecuario (Vitón & Macías, 2016) o como alimento en acuicultura (LeRuyet, 1976; Hargraves & Viquez, 1981).

Strembel & Strembel (2007) enfatizan que es la fuente más rica en vitamina B₁₂ conocida hasta la actualidad (más de tres veces el contenido de la carne bovina); también en su composición presenta casi todas las vitaminas del complejo B (B₁, B₂, B₃, B₆) en muy importantes cantidades. Además, incluye, considerables dosis de vitaminas E, inositol, ácido fólico, biotina y ácido pantoténico. Así mismo, indican que un gramo contiene entre 1,700 y 2,600 mcg. de beta-caroteno (provitamina A), equivalentes al 75 % de los requerimientos diarios de vitamina A en la dieta humana. Estos mismos autores precisan que la “spirulina” contiene entre 30 y 50 veces más beta-caroteno (antioxidante) que la zanahoria. Moorhead & Morgan (1993), indican que este beta-caroteno es de estructura molecular predominantemente *cis*, a diferencia de la forma *trans* que caracteriza a los betacarotenos sintéticos (*all trans*), cuya bioactividad es alrededor de diez veces inferior y que a su vez se comportan como “pro-oxidantes” conducentes al cáncer (Ben-Amotz, 1997, citado por Strembel & Strembel, 2007).

Así mismo, se ha demostrado a través de numerosas experiencias clínicas (Hospitales) (Galván, 1973) que “spirulina” puede utilizarse:

- Protección y fortalecimiento del sistema inmunológico
- Contra la diabetes mellitus.
- Contra enfermedades renales.
- Contra infecciones de la piel.
- Contra la hipertensión.
- Para la reducción de tumores (cáncer), etc.

Por los años 90, se establecieron granjas con el fin de cultivar la “spirulina” (ACMA)

con fines de combatir la malnutrición de los habitantes en varias partes del mundo (Senegal, Togo, Vietnam, China, Perú, etc.) siendo uno de los principales defensores y propulsores el Dr. Ripley D. Fox, quien ha denominado a la “spirulina” como el “gigante” de las algas de agua dulce para combatir la mal nutrición en el mundo entero (Fox, 1996); así mismo, esta micro alga es considerada como superalimento del futuro (Henrikson, 1994).

Discusión

La Taxonomía de las cianofitas o cianobacterias espiraladas se ha hecho confusa, debido a las diversas interpretaciones de los autores. Drouet (1968), por sus características morfológicas y fisiológicas, los considera en dos géneros: *Arthrospira* y *Spiruliuna*, la distinción se basa en la presencia de paredes o septos intercelulares en la primera y ausencia aparente en la segunda (observable al microscopio electrónico).

El género *Spirulina*, presenta una sola especie: *Spirulina subsalsa*, pequeña, aparentemente unicelular, por lo común de 1-2µm; vive en medios salobres o estancados. Esta especie fue identificada como causa de una enfermedad letal contra cultivos comerciales de camarón (*Penaeus stylirostris*) en México (Lightner, 1978).

Las cianofitas espiraladas, septadas, conocidas como “spirulinas”, corresponden a la especie *Arthrospira jenniferi* (Gomont, 1892; Drouet, 1968), la misma que ha sido encontrada en los pozos artificiales y naturales muestreados (Fig. 3A y B), así como, utilizada desde la antigüedad en la alimentación humana, de los animales y en procesos industriales. Los diversos nombres científicos asignados a esta especie han sido por la falta de comunicación entre los

autores y por el desconocimiento del Código de Nomenclatura Binomial (CNB) (Figs. 4A-B y 5).

Entre los diferentes medios de cultivo para "spirulina" es el de Claude Zarrow el más apropiado, en este caso el mayor crecimiento del alga se realiza en los primeros 5 días (Luján, 2000). En los medios industriales, principalmente ACMA-SOLARIUM (Planchón & Fuentes, 1993), son de fácil manejo. Sin embargo, estos medios utilizan muchos reactivos, que no son tan necesarios, ya que "spirulina" requiere para su crecimiento: agua alcalina, fuente de nitrógeno (urea), hierro, fósforo, potasio y azufre, todos los demás requerimientos (sales) se encuentran en el agua de mar.

Debido a las bondades nutritivas de la "spirulina", es recomendada sobre todo para combatir la desnutrición de los niños en zonas pobres de todo el mundo. ACMA Asociación para combatir la mal nutrición por algacultivo, con sede en Francia, propugna las cualidades de esta alga.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Trujillo (UNT) y Herbarium Truxillense (HUT) por brindar las facilidades para realizar nuestras investigaciones tanto en campo como en gabinete. A la revista Arnaldoa por la oportunidad de publicar nuestros trabajos de investigación.

Contribución de los autores

AF, EA y ER: Desarrollo integral de la investigación, trabajo de campo y laboratorio, colección de muestras, tomas fotográficas, redacción, revisión y aprobación final del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Literatura citada

- Buick, R.** 1992. The antiquity of oxygenic photosynthesis: evidence from stromatolite in sulphate-deficient archaean lakes. *Science* 233: 74.
- Brasier, M.D.; O.R. Green; A.P. Jephceat *et al.*** 2002. Questioning the evidence for earth's oldest fossils. *Nature* 416: 76-81.
- Dillion, J., A. Phan Phuc & J. Dubac.** 1995. Nutritional Value of the alga *Spirulina*. In *Plants in Human Nutrition*, Simopoulos, A. (Editor), World Rev. Nutr. Diet. 77, 22-46.
- Drouet, F.** 1968. Revision of the Classification on the Oscillatoriaceae. Monograph 15. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Fulton Press, Inc., Lancaster, Pennsylvania.
- Fernández, A.** 1969. Cyanophyta de Perú, I. *Bol. Soc. Bot. La Libertad*. 1(1) 13-73.
- Fernández, A.** 1994. Taxonomía e Importancia de *Arthrospira jeneri* (Hassall) Stizenberg "Spirulina" (Oscillatoriaceae – Cyanophyceae). En: 2da Jorn. Invest. Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú pp.112-117.
- Fox, R.D.** 1996. *Spirulina: Production & Potential*. EDISUD. ISBN 2-85744-883-X.
- Fox, R.D.** 1997. *Algoculture - Spirulina: Production & Potential*, Edisud, France.
- Galván, R.** 1973. Experimentación Clínica con *Spirulina*, Colloque sur la valeur nutritionnelle des algues *Spirulina*, Reuil-Malmaison, France.
- Gomont, M.** 1892. Monographie des Oscillariées (Nostocacées Homocystées). Deuxième partie. - Lyngbyées. *Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Série 7* 16: 91-264, pls 1-7.
- Hargraves, P.E. & R. Viquez** 1981. *Spirulina subsalsa* Oersted en Costa Rica. Estructura y posible importancia comercial. *Revista de Biología Tropical* 29(2):304-308.
- Henrikson, E.** 1994. *Spirulina: Superalimento del futuro*. Ed. Urano, España.
- Lacaz, R.** 1996. *Spirulina* sp. Un potencial inexplorado. VII Jornada de Bioquímica. Universidad Estatal de Londrina. Editora UEL. Londrina. Brasil. 84 pp.

- Leonard, J. & P. Compère.** 1967. *Spirulina platensis* (Gom.) Geitler, algae bleu de grande valeur alimentaire par sa richesse en protéines. Bull. Jard. Bot. Nation. Bel. 37 suppl. 1, 1-23.
- LeRuyet, J.P.** 1976. Elevage larvaire d' *Artemia salina* (Branchiopode) sur nourriture inerte: *Spirulina maxima* (Cyanophyceae). Aquaculture, 8: 157-167.
- Lightner, D.Y.** 1978. Possible toxic effects of the marine blue-green alga *Spirulina subsalsa* on the blue shrimp *Penaeus stylirostris*. J. Invert. Path. 32: 139-150.
- Luján M.** 2000. Cultivo en condiciones de laboratorio de *Arthrospira jenniferi* (Hassall) Stizenberg “spirulina” procedente de Puerto Chicama (La Libertad-Perú). Tesis de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.
- Moorhead, K. & H. Morgan.** 1993. Espirulina: Superalimento de la Naturaleza. Nutrex Inc., U.S.A.
- Planchón, G. & R., Fuentes.** 1993. Esquema de guía de cultivo de *Spirulina*. Cochabamba, Bolivia.
- Strembel, C.A. & E.G. Strembel.** 2007. ¿Que son las algas Spirulina?. Biblioteca de Ciencia, Técnica y Nutrición. Hydro-Grow® Laboratorios - Ficha N° 1. Actualización (2007). Disponible en: <https://hgl.la/Que-son-las-Algas-Spirulina-10-public>. Acceso: 15 marzo 2018.
- Urback, E.; D.L. Robertson & S.W. Chsholm.** 1992. Multiple evolutionary origins of prochlorophytes within the cyanobacterial radiation. Nature (Lond.) 355: 267-270.
- Venkataraman, L.V. & B.P. Nigam.** 1979. Mass culturing of fresh-water algae for utilization as a protein source. Phykos. 18:83-95.
- Venkataraman, L.V.** 1983. Blue-green alga: *Spirulina*. Department of Science and Technology - CFTRI Press, Mysore, India.
- Vitón, M.E. & M. Macías.** 2013. Una reseña corta sobre el valor nutritivo de la espirulina (*Arthrospira platensis*) y su uso en la alimentación porcina. Revista Computadorizada de Producción Porcina 23(1): 1-12.
- Zafra, A.; J. Merino; F. Gonzales; E. Alayo; J. Briceño; E. Rosas; J. Castro & K. Vela.** 2013. Cultivo experimental de *Arthrospira jenniferi* con medio nutritivo de residuos de pescado. Rebiol 33(2): 84-89.
- Zarrouk, C.** 1966. Contribution à l'étude d'une cyanophycée: influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setch et Gardner) Geitler. Thèse présentée a la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, Paris.

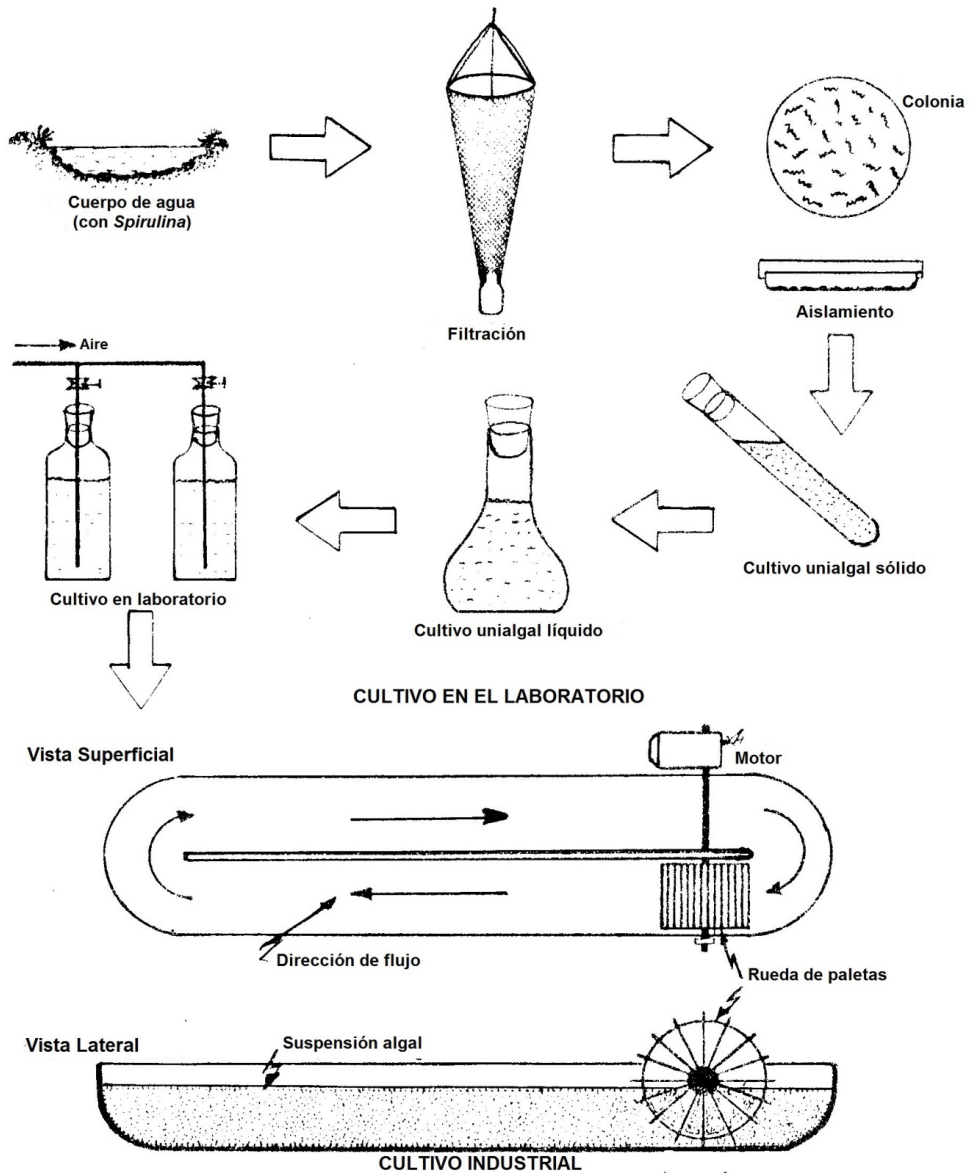


Fig. 2. Cultivo en laboratorio y a nivel industrial de *Arthrospira jeneri* "spirulina".



Fig. 3. A. Poza con agua de filtración conteniendo “spirulina” (pintura de una vista fotográfica de Luján, 2000) en Puerto Chicama; B. Humedal natural en donde existe *Arthrospira jeneri* “spirulina” en Macabí, prov. Ascope.

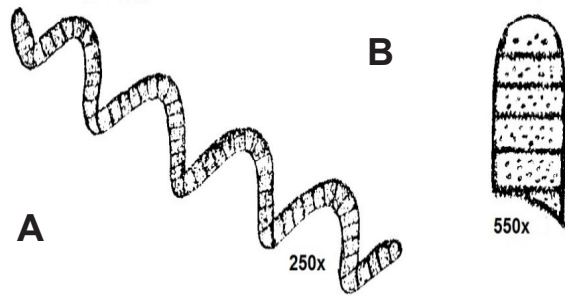


Fig. 4. A y B. Representación de *Arthrospira jeneri*

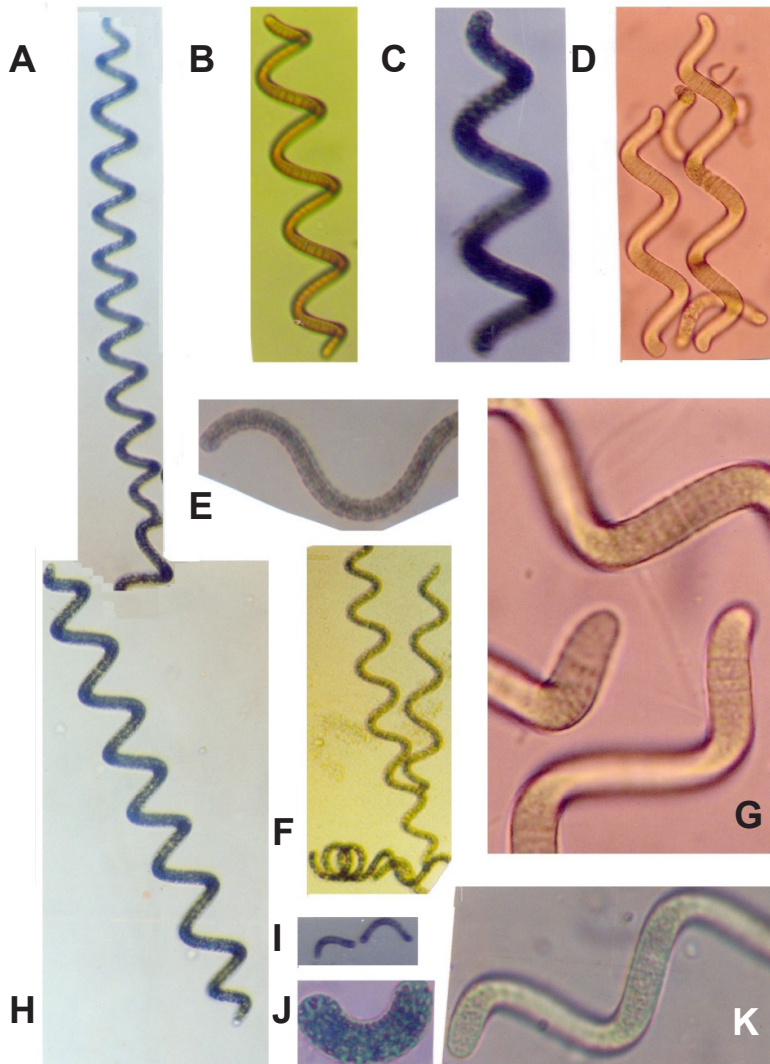


Fig. 5. Diferentes formas (ecofenos) de *Arthrospira jeneri* "spirulina". A-E, H (400X); F, I (100X); G, J, K (800X).