

- Riadi, H., Kazzaz, M. & Ater, M. (2000) Contribution à la connaissance des algues marines benthiques du Détroit de Gibraltar et de la Méditerranée occidentale marocaine. I. Chlorophyceae et Phaeophyceae. *Acta Botanica Malacitana* 25: 5-20.
- Riadi, H., Salhi, G., Saoud, Y., Kadiri, M. & Kazzaz, M. (2011) Nuevas aportaciones a la flora algal de las costas marroquíes. *Acta Botanica Malacitana* 36: 161-3.
- Riadi, H., Salhi, G., Bouksir, H., Moussa, H. & Hassoun, M. (2013) *Acrosymphyton purpuriferum* (J. Agardh) Sjöstedt et *Balliella cladoderma* (Zanardini) Athanasiadis, deux nouvelles espèces d'algues benthiques de la Méditerranée marocaine. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Section Sciences de la Vie, Rabat* 35: 9-14.
- Salhi, G., Hassoun, M., Moussa, H., Zbakh, H. & Riadi, H. (2016) First record of *Rhodymenia holmesii* (Rhodymeniaceae, Rhodophyta) for the Mediterranean Sea from Morocco. *Marine Biodiversity Record* 9, 62 DOI 10.1186/s41200-016-0068-8.
- Salhi, G., Hassoun, M., Moussa, H., Zbakh, H., Kazzaz, M. & Riadi, H. (2018a) First record of the red alga *Tiffaniella gorgonea*: an introduced species in the Mediterranean Sea. *Botanica Marina* (in press) <https://doi.org/10.1515/bot-2017-0129>.
- Salhi, G., Hassoun, M., Zbakh, H. & Riadi, H. (2018b) First records of two Dictyotalean brown algae for the Mediterranean Sea from Morocco. *Acta Botanica Malacitana* (under review).
- Silva, P.C. (2018) Index Nominum Algarum. Bibliographia Phycologica Universalis. <http://ucjeps.berkeley.edu/INA.html>.
- Won, B.Y., Cho, T.O. & Fredericq, S. (2009) Morphological and molecular characterization of species of the genus *Centroceras* (Ceramiaceae, Ceramiales), including two new species. *Journal of Phycology* 45: 227-250.

SOBRE LOS EFECTOS DEL CONSUMO DE LA CIANOBACTERIA *ARTHROSPIRA* (SPIRULINA) EN LA SALUD

Jara Valido, A. de la, C. Ruano Rodríguez¹, A. Martel Quintana, C. Almeida Peña & J.L. Gómez Pinchetti

Banco Español de Algas (BEA), Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), Muelle de Taliarte s/n, 35214 Telde, Islas Canarias, España

¹Grupo de Investigación en Nutrición, Instituto Universitario de Ciencias Biomédicas y Sanitarias (IUIBS), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), Las Palmas de Gran Canaria, Islas Canarias, España

Contacto: juan.gomez@ulpgc.es

Introducción

Spirulina es el nombre comercial que se asigna a dos especies de cianobacterias, *Arthrospira platensis* (Fig. 1) y *A. maxima*. Los aztecas la consumían cosechándola de las proliferaciones que surgían de forma natural en el, hoy desaparecido, lago Texcoco. De la misma manera lo hacen las actuales poblaciones de la tribu de los Kanembu en el lago Chad (Ciferri 1983, Abdulqader *et al.* 2000). Su producción comercial se remonta a la década de los años 60 del siglo XX y en la actualidad existe una creciente actividad comercial en torno a este organismo que se emplea principalmente como suplemento en alimentación en los cinco continentes (Belay 2008, Furmaniak

et al. 2017). *Arthrospira* se describe como un “superalimento”, sin embargo, no existe en la actualidad ninguna declaración de propiedad saludable autorizada para este organismo. Una declaración de propiedad saludable es aquella que afirma, sugiere o da a entender que existe una relación directa entre una categoría de alimentos, un alimento o uno de sus constituyentes y la salud. Según la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN), las declaraciones de propiedad saludable, deberán estar basadas y fundamentadas en pruebas científicas generalmente aceptadas. Pero, ¿existen pruebas científicas que indiquen la existencia de tales beneficios en el caso de la Spirulina? El presente trabajo revisa las evidencias más

relevantes recopiladas sobre los efectos del consumo de Spirulina para la salud.

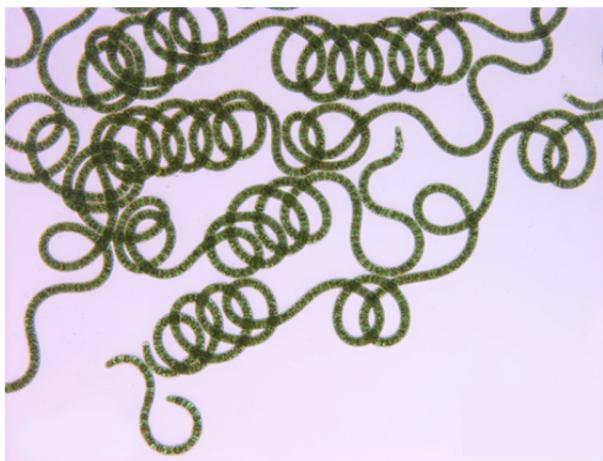


Fig. 1. *Arthrospira platensis*.

Composición de *Arthrospira*

La composición general descrita para las especies del género *Arthrospira* (Fig. 2) incluye como componentes mayoritarios proteínas, carbohidratos y lípidos constituidos por ácidos grasos esenciales, pero también se valora como fuente de minerales, vitaminas y otras biomoléculas con actividad antioxidante. Entre el 60 y el 70% del peso seco de *Arthrospira* son proteínas de alta digestibilidad debido a la ausencia de pared celular (Tomaselli 1997). Aunque su contenido lipídico es bajo, comparado con el de otras microalgas, aporta ácidos grasos fundamentales para la salud como el ácido γ -linolénico (GLA), un precursor de las prostaglandinas, los leucotrienos y los tromboxanos que actúan como mediadores químicos de reacciones inflamatorias e inmunes. Es por esto que su papel profiláctico es muy interesante en el tratamiento de algunas enfermedades crónicas como el eczema atópico, el síndrome premenstrual, la diabetes, la prevención de enfermedades cardiovasculares, la inflamación y el cáncer (Fan & Chapkin 1998, Horrobin 1992).

En cuanto al perfil pigmentario, *Arthrospira* contiene clorofila a, β -caroteno, C-ficocianina y C-aloficocianina (Yan *et al.* 2011, Kumar *et al.* 2015), todos con una potente actividad antioxidante (Ferruzzi & Blakeslee 2007). Los

minerales que esta cianobacteria absorbe del medio se transforman en moléculas orgánicas a través de reacciones de quelación con aminoácidos, generando así moléculas fácilmente metabolizables. Como cualquier otro organismo autótrofo, *Arthrospira* es fuente de vitaminas como la vitamina E, o tocoferol, cuyo contenido en peso seco asciende a niveles del 2% (Plaza *et al.* 2009), un porcentaje comparable con el del germen de trigo (Hanaa *et al.* 2003). El β -caroteno, además de jugar un papel como pigmento fotosintético y fotoprotector, es precursor de la vitamina A de tal forma que una dosis de 2 g de *Arthrospira* al día cubre los requerimientos de vitamina A en personas adultas. Contrariamente a lo que ocurre con la vitamina A como tal, que puede llegar a ser tóxica en concentraciones elevadas (Hough *et al.* 1988), el exceso de β -caroteno es inocuo, ya que el organismo es capaz de almacenarlo y disponer de él cuando sea necesario. *Arthrospira* contiene además compuestos fenólicos derivados del ácido benzoico, hidroxibenzaldehidos y derivados de ácidos cinámicos (Plaza *et al.* 2009). La composición en polisacáridos estructurales y de almacenamiento es también relevante, pudiendo contener distintos sustituyentes que les confieren propiedades antivirales, antioxidantes, antiinflamatorias, inmunomoduladoras e incluso anticancerígenas (de Jesús Raposo *et al.* 2013, Wang *et al.* 2018).

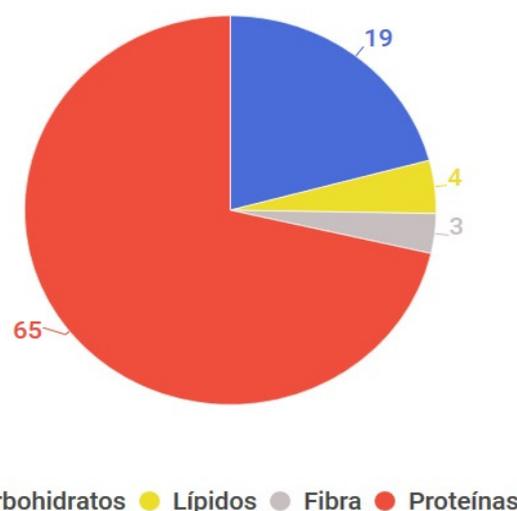


Fig. 2. Composición general de *Arthrospira* en % de peso seco (Habib *et al.* 2008).

Efectos sobre la salud del consumo de *Arthrospira*: estudios clínicos.

Un estudio clínico es un proyecto que analiza la eficacia de un tratamiento o procedimiento médico en pacientes. Los estudios clínicos se realizan después de que los resultados de los estudios preclínicos permiten suponer que el nuevo tratamiento o procedimiento beneficiará a las personas y que no tendrá riesgos sobre la salud. Los estudios preclínicos sobre las propiedades terapéuticas de la biomasa de *Arthrospira* o de sus extractos son numerosos, sin embargo, el número de estudios clínicos publicados es mucho más

reducido. Varias revisiones recientes muestran los efectos positivos de su consumo valorando los estudios de tipo sistemáticos disponibles (de la Jara *et al.* 2018, Karkos *et al.* 2011, Serban *et al.* 2016). De la Jara *et al.* (2018), clasifica los efectos del consumo de biomasa de *Arthrospira* en diferentes campos relacionados con la salud a partir de una revisión sistemática de estudios clínicos ciegos, aleatorizados y con control, que son los parámetros que se emplean como criterio de calidad en este tipo de estudios. Los resultados muestran que el papel más notorio de *Arthrospira* sobre la salud tiene que ver con su actividad antioxidante (Fig. 3).

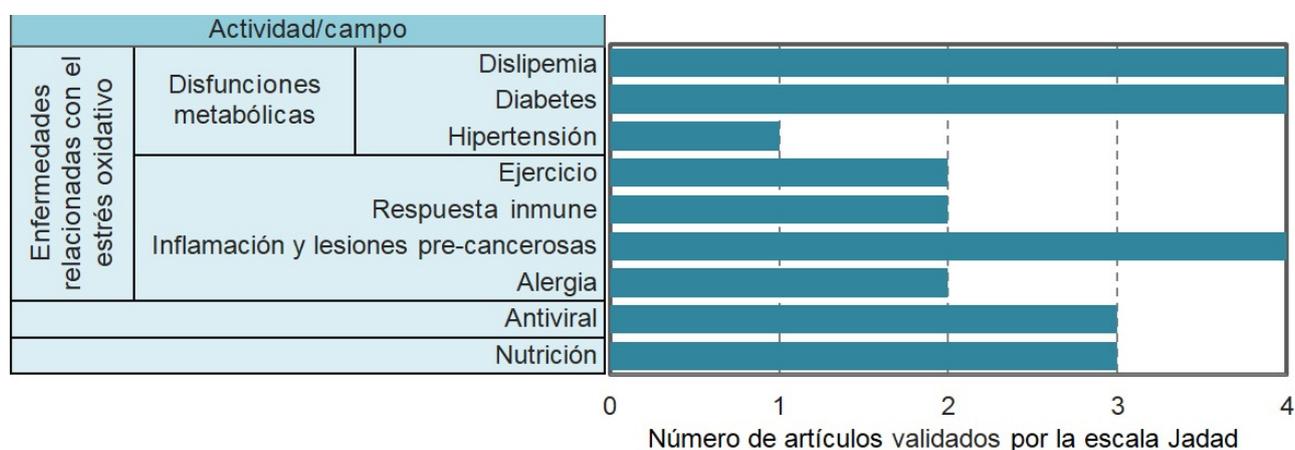


Fig. 3. Actividad de *Arthrospira* en diferentes estudios clínicos (modificado de la Jara *et al.* 2018).

El consumo de *Arthrospira* y el estrés oxidativo

El estrés oxidativo o producción de radicales libres de oxígeno en el cuerpo humano es inevitable en una atmósfera oxigénica (Davies 1995). Para contrarrestar su efecto, los organismos han desarrollado una serie de mecanismos antioxidantes para neutralizarlos. Sin embargo, cuando este equilibrio se rompe por un exceso de radicales libres, las células sufren daños a nivel molecular provocando cambios estructurales y funcionales que aceleran el envejecimiento y favorecen la muerte celular (Rizzo *et al.* 2009). Las enfermedades asociadas al incremento descontrolado de radicales libre incluyen: dislipemias, diabetes, hipertensión, inmunodepresión, inflamación, cáncer y alergias.

Dislipemia. La dislipemia hace referencia a la presencia de altos niveles de triglicéridos y

colesterol en sangre que contribuye al desarrollo de arterioesclerosis, uno de los mayores factores de riesgo para la enfermedad cardiovascular. La dislipemia está íntimamente relacionada con un aumento endotelial de estrés oxidativo. Su tratamiento implica cambios en la dieta, ejercicio y terapia farmacológica. Serban *et al.* (2016) muestran un efecto directo entre la suplementación con *Arthrospira* y la reducción de las concentraciones plasmáticas de colesterol total, colesterol LDL, triglicéridos, así como incremento de colesterol HDL. Los estudios clínicos analizados por de la Jara *et al.* (2018) demostraron que el aporte de *Arthrospira* en un rango de 1-10 g/día durante periodos de entre 2 y 6 meses combinado con una dieta sana, redujo el colesterol total, el colesterol LDL-C y los triglicéridos, incluso en personas con el

sistema inmune deprimido, como es el caso de los pacientes con VIH, diabéticos o ancianos.

Diabetes. De nuevo, el estrés oxidativo juega un papel importante en la diabetes y sus complicaciones microvasculares y cardiovasculares. Las células beta-pancreáticas en la diabetes tipo 2 se pierden debido a la oxidación. En pacientes diabéticos se generan radicales libres de forma desproporcionada debido a la oxidación de la glucosa, la glicación no enzimática de las proteínas y la degradación de las proteínas glicosiladas. Los estudios clínicos (Serban *et al.* 2015) muestran que la ingesta de *Arthrospira* en una dosis de 0,8 g/día durante 2 meses reduce significativamente la glucemia. Una dosis de 2 g/día durante 2 meses reduce la glucemia en ayunas y la glucemia posprandial, así como la hemoglobina glucosilada, lo que indica una regulación de la glucosa a largo plazo. Una dosis de 5 g/día durante 2 semanas mejora la resistencia a la insulina en pacientes seropositivos. Y finalmente, una dosis de 8 g/día durante 12 semanas mejora la dislipemia asociada a la diabetes, reduce los valores de interleucina-6 relacionada con procesos inflamatorios y los valores de presión arterial.

Hipertensión. Estudios pre-clínicos muestran que el aporte de ficocianina reduce la presión arterial. Además, estudios clínicos evidencian que dosis de 2 g/día durante 3 meses mejoran la presión sistólica y disminuyen la diastólica (Miczke *et al.* 2016).

Ejercicio físico. El ejercicio físico tiene innumerables beneficios sobre la salud. Sin embargo, también aumenta el estrés oxidativo provocando fatiga muscular. La suplementación con antioxidantes puede mejorar esta condición. Estudios clínicos muestran que dosis de 7,5 g/día de *Arthrospira* disminuyen los valores de los marcadores de peroxidación lipídica como el malondialdehído y reducen los niveles de ácido láctico. La percepción de la fatiga en los estudios relacionados con el ejercicio también disminuye después del

consumo de *Arthrospira* (Lu *et al.* 2006, Johnson *et al.* 2016).

Respuesta inmune. Otro parámetro que se ve afectado positivamente por el consumo de *Arthrospira* es la respuesta inmune. Dosis de 8 g/día durante 12 semanas aumentan los niveles de interleucina-2 (actividad antiinflamatoria), disminuyen los niveles de interleucina-6 (actividad inflamatoria) y mejoran el nivel antioxidante en ancianos tanto sanos como obesos (Park & Lee 2016).

Inflamación y lesiones pre-cancerosas. La incidencia del cáncer está relacionada con aumentos del estrés oxidativo. Los niveles elevados de radicales libres provocan inflamación y éste estado es un paso previo al desarrollo de tumores. Estudios clínicos demuestran que los compuestos antioxidantes presentes en *Arthrospira* pueden emplearse para tratar lesiones como la fibrosis submucosa oral y la leucoplasia oral, ambas son condiciones pre-malignas de alto riesgo. Dosis de 0,5 g/día durante 3 meses mejoran los síntomas causados por úlceras, la sensación de quemazón y los efectos secundarios asociados al consumo de medicamentos. Dosis de 1 g/día de *Arthrospira* durante un año en pacientes con leucoplasia oral producen un 45% de regresión completa de estas lesiones (Mathew *et al.* 1995, Patil *et al.* 2015).

Alergias. Entre el 10 y el 30% de la población mundial sufre rinitis alérgica y su prevalencia va en aumento. Este desorden disminuye la calidad de vida de quienes la padecen y los fármacos que se emplean para paliar sus síntomas: los antihistamínicos, que muestran efectos no deseados a largo plazo. Se ha comprobado que un tratamiento de 2 g/día de *Arthrospira* durante 6 meses (Cingi *et al.* 2008) reducen los síntomas asociados a este padecimiento: mucosidad, estornudos, congestión nasal y dolor. Otro estudio demostró que la misma dosis disminuye la producción de IL-4, una citoquina que aumenta los factores pro-inflamatorios (Mao *et al.* 2005).

El consumo de *Arthrospira* y las infecciones virales

Existen varios estudios pre-clínicos sobre el control de las infecciones virales con extractos de *Arthrospira*. Se han descrito inhibiciones en la evolución del número de virus como el *Herpes simplex* tipo 2 (HSV-2), HSV-1, *Pseudorabies virus* (PRV), *Cytomegalovirus* humano (HCMV) y Adenovirus (Hernández-Corona *et al.* 2002). Los ensayos clínicos muestran que el consumo de biomasa de *Arthrospira* (10 g/día) no es efectivo para controlar la propia infección, pero sí lo es para reducir episodios concomitantes como la depresión del sistema inmune o la diabetes que acompaña a las infecciones por VIH (Winter *et al.* 2014).

El consumo de *Arthrospira* y el estado nutricional

Debido al elevado contenido proteico de *Arthrospira*, existe un gran interés por valorar sus posibilidades de utilización para combatir la malnutrición. A pesar de que se han realizado varios estudios clínicos sobre este tema, la mayoría de ellos no cumple con los estándares de calidad que deben llevar aparejados este tipo de estudios: aleatorización ciega y presencia de control. Los estudios clínicos que cumplen con estos criterios muestran reducciones en los niveles de anemia en niños con y sin VIH, alimentados con una dieta equilibrada y suplementada con *Arthrospira*. Dosis de 2 a 4 g/día de *Arthrospira* administrada con alimento concentrado durante 10 semanas a niños menores de 5 años, causaron un mayor aumento de peso comparado a la administración única de alimento concentrado. También se han observado aumentos de los niveles de β -caroteno (provitamina A) en niños después de una suplementación de 2 ó 4 g/día de *Arthrospira* durante un periodo de 10 semanas.

Efecto de la dosis, género, edad y tasa de abandono

La mayoría de los estudios clínicos mencionados muestran efectos beneficiosos derivados del consumo diario de *Arthrospira* con

dosis que varían entre los 0.5 y los 20 g/día durante periodos de 1 a 2 meses. En los estudios sobre diabetes, hipertensión y nutrición se aplicaron las dosis más elevadas llegando a 10 y 20 g/día para niños menores de cinco años (Simpore *et al.* 2005, 2006). Algunos estudios muestran diferencias en la respuesta debido a género y edad por lo que es necesario realizar más estudios para determinar el grado de diferencia. La tasa de abandono fue baja en los diversos estudios consultados y, a excepción de una “mala palatabilidad”, ningún efecto adverso fue descrito. Esto hecho no es sorprendente, ya que, en lo que se refiere a las amenazas para la salud derivadas del consumo de *Arthrospira*, la farmacopea americana lo clasifica como alimento seguro de clase A (Marles *et al.* 2011).

Origen, calidad de la biomasa y necesidad de estudios clínicos

La calidad es fundamental para establecer los efectos terapéuticos del consumo de *Arthrospira* y establecer declaraciones de propiedades nutricionales en el etiquetado de los productos que la contienen. Tanto la calidad de los estudios clínicos que validan dichos efectos como la calidad de la biomasa empleada para realizar estos estudios o la destinada a la venta deben vigilarse escrupulosamente. Numerosos autores indican que la composición de *Arthrospira* varía con las condiciones de cultivo y procesado de la biomasa (Rzymiski *et al.*, in press). Por tanto, para asegurar una calidad y seguridad óptima es fundamental mantener un cuidadoso control en todos los eslabones de la producción: cultivo, cosechado y procesado. Además los estudios clínicos que se lleven a cabo deben cumplir estrictos estándares de calidad. Todo ello en aras de la seguridad alimentaria, una de las principales responsabilidades de las autoridades.

Una vez que la seguridad en el consumo de *Arthrospira* ha quedado debidamente comprobada en diferentes países de los cinco continentes, los esfuerzos deben dirigirse al establecimiento de un procedimiento de vigilancia nutricional. En este sentido, la Agencia Francesa para la Seguridad y

Salud Alimentaria, Medioambiental y Ocupacional (ANSES 2017) recibió 49 informes sobre efectos adversos que probablemente estuvieran asociados al consumo de complementos alimenticios que contenían Spirulina. Diez de estos informes presentaban suficiente información para valorar su causalidad. Además, en 2014, ANSES ya había alertado de un caso de reacción alérgica (alergia facial) ocurrido después de su consumo. En este contexto, ANSES solicitó una evaluación interna, con mayor grado de detalle, sobre los riesgos para la salud, y no sobre la posible efectividad o beneficio nutricional, de los complementos alimenticios que contienen Spirulina. Como conclusión, se establece que algunos productos que contienen Spirulina pueden estar contaminados por cianotoxinas (producidas por otras cianobacterias y no por *Arthrospira*), bacterias u oligoelementos y se recomienda a los consumidores confiar en canales de suministro supervisados por las autoridades públicas (en cumplimiento de la normativa francesa) (ANSES 2017, Rzymiski, in press). Además, con el objetivo de establecer un umbral, se considera necesario realizar un control preciso de las microcistinas en complementos alimenticios que contienen Spirulina y que podrían provenir de otros microorganismos asociados.

Aparte del riesgo de contaminación, Spirulina no parece presentar un riesgo para la salud en dosis bajas (varios gramos por día en adultos). Sin embargo, ANSES considera que es necesario aumentar los estudios clínicos que permitan establecer una dosis máxima diaria y detectar efectos como la susceptibilidad o hipersensibilidad individual específica a esta cianobacteria. En este sentido, desaconseja el consumo de estos complementos alimenticios por parte de personas que padecen fenilcetonuria, con predisposición alérgica o con vulnerabilidad muscular o hepática y finalmente enfatiza que la Spirulina no es una fuente fiable de vitamina B12 para individuos que evitan el consumo de productos de origen animal.

Situación legal de la *Arthrospira* para consumo

En la actualidad, la biomasa deshidratada de *Arthrospira* puede comercializarse como

suplemento dietético en la mayoría de los países del mundo. Incluso La Organización de Naciones Unidas (ONU) apoya su consumo a través de proyectos de cooperación al desarrollo a través del IIMSAM (Intergovernmental Institution for the Use of Micro-Algae Spirulina Against Malnutrition) y la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). ¿Cuál es su estatus legal en diferentes partes del mundo?

EEUU: El estatus legal de esta cianobacteria en EEUU es la de GRAS (Generally Recognized As Safe; Talk Paper, 6/23/82), una designación concedida por la FDA (Food and Drugs Administration), organismo que regula y supervisa la seguridad en alimentos y medicamentos en este país (Tabla 1). El consumo de la biomasa se considera seguro y se puede comercializar siempre que el producto esté correctamente etiquetado y el origen de la biomasa sea claro.

Europa: En Europa existe un creciente interés por el uso de las microalgas (incluyendo las cianobacterias) en alimentación. *Arthrospira* se considera un producto de alimentación con tradición de consumo y se incluye en el catálogo de alimentos de la UE reconocidos como Novel Food (EU 2015/2283). Esto no implica que las legislaciones específicas de los Estados miembros puedan restringir su comercialización en sus propios territorios (Enzing *et al.* 2014). La FSA (Food Standard Agency), en un informe sobre el mercado de los complementos alimenticios, clasifica a *Arthrospira* dentro del grupo “miscelánea de sustancias bioactivas” junto al licopeno, la luteína y las isoflavonas de soja.

Japón: Japón comenzó con la producción de *Spirulina* en el año 1978 a través de la compañía Dai Nippon Ink & Chemicals. La asociación japonesa de Salud Alimentaria (JHFA) publicó en 1986 los estándares de calidad que la biomasa de *Arthrospira* debe cumplir cuando se destine a consumo humano (Shimamatsu 2004) (Tabla 2).

Tabla 1. Productos de *Arthrospira* con calificación GRAS (Food and Drugs Administration, FDA).

Producto	Dossier	Aplicaciones	Compañía
Biomasa deshidratada	GRAS 127	Ingrediente para cereales de desayuno, bebidas nutricionales, condimento para ensaladas y pasta. Dosis solicitada: 0.5-3 g/día	Cyanotech Corporation y Earthrise Nutritionals, Inc.
Biomasa deshidratada de <i>A. platensis</i>	GRAS 417	Ingrediente para cereales de desayuno, barras energéticas, bebidas nutritivas, ensaladas y pasta. Dosis autorizada: 0,5-3 g/ración	Parry Nutraceuticals
Extracto acuoso rico en C-ficocianina procedente de <i>A. maxima</i> o <i>A. platensis</i>	GRAS 424	Ingrediente en cualquier alimento excepto en formulas infantiles. La dosis está limitada a 1140 mg ficocianina/día que es equivalente a consumir 5700 mg de <i>Arthrospira</i> con un 20% ficocianina/día.	Desert Lake
Biomasa deshidratada de <i>A. platensis</i>	GRAS 394	Equivalencia GRAS 000417	RFI, Inc.

Tabla 2. Estándares de calidad de *Arthrospira* para consumo humano en Japón (JHFA, adaptado de Shimamatsu 2004).

<u>Apariencia y características</u>		<u>Feofórbidos</u>	
Color verde oscuro		Feofórbidos presentes	<50 mg %
Suave olor a algas		Feofórbidos totales	<100 mg %
Ausencia de mal olor o mal sabor		Arsénico	< 2 ppm As
		Metales pesados	< 20 ppm Pb
		Aerobios totales	<5×10 ⁴ (por g)
<u>Composición básica</u>		Coliformes	Ausencia
Proteína cruda >50%		Humedad	<7 %
Carotenoides totales >0,1%			
Clorofila a >0,5%			
C-Ficocianina >2%			

Conclusión

Queda demostrado que existen pruebas científicas que señalan una relación entre el consumo de *Arthrospira* y las mejoras en determinados aspectos de la salud, aunque es claro que es necesario aumentar el número de estudios clínicos mejorando tanto su calidad como su alcance.

Actualmente, la importancia comercial de *Arthrospira* se justifica con los datos anuales de producción de biomasa que superan las 3.000 Tm/año y que continúan aumentando anualmente

(FAO 2018). *Arthrospira* es el género del grupo de las microalgas con mayor representatividad en la industria (Pulz & Gross 2004, de la Jara *et al.* 2016), pero no podemos obviar que, en términos de desarrollo comercial, la obtención de las declaraciones sobre las propiedades saludables de la *Spirulina* supondrían un avance y una garantía definitiva para el impulso de las actividades de producción y comercialización.

Agradecimientos

Este trabajo está financiado por el programa Europeo de Cooperación Territorial PCT-MAC 2014-2020 a través de los proyectos REBECA (MAC/1.1a/060) y MACBIOBLUE (MAC/1.1b/086).

Referencias bibliográficas

- Abdulqader G, Barsanti L, & Tredici MR (2000) Harvest of *Arthrospira platensis* from Lake Kossorom (Chad) and its household usage among the Kanembu. *J. Appl. Phycol*, 12 (3): 493-498.
- ANSES-French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (2017) On the risks associated with the consumption of food supplements containing Spirulina. Request No. 2014-SA-0096. 38 pp.
- Belay A (2008) *Spirulina (Arthrospira)*: production and quality assurance. In: Gershwin ME, Belay A (eds) *Spirulina in human nutrition and health*. CRC Press, Boca Raton, pp 1-25.
- Ciferri O (1983) Spirulina, the edible microorganism. *Microbiological Reviews*, 47 (4): 551-578.
- Cingi C, Conk-Dalay M, Cakli H, & Bal C (2008) The effects of *Spirulina* on allergic rhinitis. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 265:1219–1223.
- Davies KJ (1995) Oxidative stress: the paradox of aerobic life. *Biochem. SOC Symp*. 61: 1-31.
- de la Jara A, Assunção P, Portillo E, Freijanes K, & Mendoza H (2016) Evolution of microalgal biotechnology: a survey of the European Patent Office database. *J. Appl. Phycol.*, 28(5): 2727–2740.
- de la Jara A, Ruano-Rodríguez C, Polifrone M, Assunção P, Brito-Casillas Y, Wägner AM, & Serra-Majem L (2018) Impact of dietary *Arthrospira (Spirulina)* biomass consumption on human health: main health targets and systematic review. *J Appl. Phycol.*, <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1468-4>.
- de Jesús Raposo MF, Santos Costa de Moraes RM, & Bernardo de Moraes AMM (2013) Marine drugs bioactivity and applications of sulphated polysaccharides from marine microalgae. *Mar. Drugs*, 11: 233- 252.
- Enzing C, Ploeg M, Barbosa M, & Sijtsma L (2014) Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe. JRC Scientific Reports.– Luxembourg, 80pp.
- Fan YY, & Chapkin RS (1998) Importance of dietary g-Linolenic acid in human health and nutrition. *J. Nutr.*, 128(9): 1411-1414.
- FAO (2018) El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- Ferruzzi MG, & Blakeslee J (2007) Digestion, absorption, and cancer preventative activity of dietary chlorophyll derivatives. *Nutrition Research*, 27: 1-12.
- Furmaniak MA, Misztak AE, Franczuk MD, Wilmotte A, Waleron M, & Waleron KF (2017) Edible Cyanobacterial Genus *Arthrospira*: Actual State of the Art in Cultivation Methods, Genetics, and Application in Medicine. *Front Microbiol.*, 18: 8-21.
- Habib MAB, Parvin M, Huntington TC, & Hasan MR (2008) A review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*. No. 1034 FAO, Rome 33 pp.
- Hanaa H Abd El-Baky, Farouk K. El Baz, Gamal S. & El-Baroty (2003) *Spirulina* Species as a Source of Carotenoids and a-Tocopherol and its Anticarcinoma Factors. *Biotechnology*, 2: 222-240.
- Hernández-Corona A, Nieves I, Meckes M, Chamorro G, Barron BL (2002) Antiviral activity of *Spirulina maxima* against herpes simplex virus type 2. *Antivir Res* 56:279-285
- Horrobin DF (1992) Nutritional and medical importance of gamma-linolenic acid. *Prog. Lipid Res.*, 31: 163-194.
- Hough S, Avioli LV, Muir H, Gelderblom D, Jenkins G, Kurasi H, Slatopolsky E, Bergfeld MA, & Teitelbaum SL (1988) Effects of hypervitaminosis A on the bone and mineral metabolism of the rat. *Endocrinology* 122(6): 2933-9.
- Johnson M, Hassinger L, Davis J, Devor ST, & DiSilvestro RA (2016) A randomized, double blind, placebo controlled study of spirulina supplementation on indices of mental and physical fatigue in men. *Int J Food Sci Nutr*, 67(2): 203–206.
- Karkos, PD, Leong SC, Karkos CD, Sivaji N & Assimakopoulos DA (2011) Spirulina in Clinical Practice: Evidence-Based Human Applications Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2011, 4 pp.

- Kumar P, Desai N, & Dwivedi M (2015) Multiple potential roles of *Spirulina* in Human Health: A critical review. *Mal. J. Nutr.*, 21(3): 375-387.
- Lu HK, Hsieh CC, Hsu JJ, Yang YK, & Chou HN (2006) Preventive effects of *Spirulina platensis* on skeletal muscle damage under exercise-induced oxidative stress. *Eur J Appl Physiol*, 98: 220-226.
- Marles RJ, Barrett ML, Barnes J, Chavez ML, Gardiner P, Ko R, Mahady GB, Dog L, Sarma ND, Giancaspro GI, Sharaf M, & Griffiths J (2011) United States Pharmacopeia Safety Evaluation of *Spirulina*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(7): 593-604.
- Mao TK, Van de Water J, & Gershwin ME (2005) Effects of a *Spirulina* based dietary supplement on cytokine production from allergic rhinitis patients. *J Med Food*, 8:27-30.
- Mathew B, Sankaranarayanan R, Nair PP, Varghese C, Somanathan T, Amma BP, Amma NS, & Nair MK (1995) Evaluation of chemoprevention of oral cancer with *Spirulina fusiformis*. *NutrCancer*, 24: 197-202.
- Miczka A, Szulinska M, Hansdorfer-Korzon R, Kregielska-Narozna M, Suliburska J, Walkowiak J, & Bogdanski P (2016) Effects of *Spirulina* consumption on body weight, blood pressure, and endothelial function in overweight hypertensive Caucasians: a doubleblind, placebo-controlled, randomized trial. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 20:150-156.
- Park H-J, & Lee H-S (2016) The influence of obesity on the effects of *Spirulina* supplementation in the human metabolic response of Korean elderly. *Nutr Res Pract*, 10: 418-423.
- Patil S, Al-Zarea BK, Maheshwari S, & Sahu R (2015) Comparative evaluation of natural antioxidants *Spirulina* and aloe vera for the treatment of oral submucous. *J Oral Biol Craniofac Res*, 5(1):11-15.
- Plaza, M., Herrero M, Cifuentes A & Ibañez E (2009) Innovative natural functional ingredients from Microalgae. *J. Agric. Food Chem* 57: 7159-7170.
- Pulz O & Gross W (2004) Valuable products from biotechnology of microalgae. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 65: 635-648.
- Rizzo M, Kotur-Stevulkevic J, Berneis K, Spinis G, Rini GB, Jelic-Ivanovic Z, Spasojevic-Kalimanowska V, & Vekic J (2009) Atherogenic dyslipidaemia and oxidative stress: a new look. *Translational Research*, 153(5): 217-223.
- Rzyski P, Budzulak J, Niedzielski P, Klimaszuk P, Proch J, Kozak L, & Poniedzialek B (in press) Essential and toxic elements in commercial microalgal food supplements. *J. Appl. Phycol.* Doi: 10.107/s10811-018-1681-1.
- Serban MC, Sahebkar A, Dragan S, Stoichescu-Hogea G, Ursoniu S, Andrica F, & Banach M (2016) A systematic review and meta-analysis of the impact of *Spirulina* supplementation on plasma lipid concentrations. *Clin. Nutr.*, 35(4): 842-51.
- Serban MC, Stoichescu-Hogea G, Gurban C, Petcu F, Jeyakumar D, Andrica F, Munteanu C, & Dragan S (2015) The role of *Spirulina platensis* in the control of type 2 Diabetes mellitus. *Physiology*, (86): 27-31.
- Simpore J, Zongo F, Kabore F, Dansou D, Bere A, Nikiema JB, Pignatelli S, Biondi DM, Ruberto G & Musumeci S. (2005) Nutrition rehabilitation of HIV-infected and HIV-negative undernourished children utilizing spirulina. *Ann Nutr Metab.*, 49(6): 373-80.
- Simpore J, Kabore F, Zongo F, Dansou D, Bere A, Pignatelli S, Biondi DM, Ruberto G, & Musumeci S (2006) Nutrition rehabilitation of undernourished children utilizing Spiruline and Misola. *J. Nutr.*, 5: 3.
- Shimamatsu H (2004) Mass production of *Spirulina*, an edible microalga. *Hydrobiologia* 512:39-44
- Tomaselli L (1997) Morphology, ultrastructure and taxonomy of *Arthrospira* (*Spirulina*) *maxima* and *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis*. In: Vonshak A (ed) *Spirulina platensis* (*Arthrospira*): physiology, cell-biology and biochemistry. Taylor & Francis, London, pp 1-15
- Wang B, Qian Liu Q, Huang Y, Yuan Y, Ma Q, Du M, Cai T, & Cai Y (2018) Extraction of polysaccharide from *Spirulina* and evaluation of its activities. *Evidence-Based Complement Altern. Med* 8 pp.
- Winter FS, Emakam F, Kfutwah A, Hermann J, Azabji-Kenfack M, & Krawinkel MB (2014) The effect of *Arthrospira platensis* capsules on CD4 T-cells and antioxidative capacity in a randomized pilot study of adult women infected with human immunodeficiency virus not under HAART in Yaoundé, Cameroon. *Nutrients*, 6: 2973-2986.
- Yan S-G, Zhu L-P, Su H-N, Zhang X-Y, Chen X-L, Zhou B-C, & Zhang Y-Z (2011) Single-

step chromatography for simultaneous purification of C-phycoerythrin and allophycoerythrin with high purity and recovery

from *Spirulina (Arthrospira) platensis*. *J Appl. Phycol.*, 23 (1): 1-6.

ALGAS CORALINAS (RHODOPHYTA, CORALLINOPHYCIDAE) DE CUBA: ESTADO ACTUAL DE SU CONOCIMIENTO

Cabrera Guerrero, Asiel^{1,2}, Abdiel Jover Capote¹⁻³ & Ana María Suárez Alfonso⁴

¹Departamento de Biología y Geografía, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Oriente. Patricio Lumumba s/n, Santiago de Cuba, Cuba, CP: 90 500. asiel.cabrera@estudiantes.uo.edu.cu

²Grupo Científico Estudiantil de Ecología Marina "Dra. María Elena Ibarra Martín". Departamento de Biología y Geografía, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Oriente

³Departamento de Ecología, Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, 11510 Puerto Real, Cádiz, España

⁴Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana, Calle 16, No. 114, entre 1ra y 3ra, Miramar, La Habana, CP 11300, Cuba

Resumen: En el presente trabajo se revisa el estado actual del conocimiento de las especies de algas coralinas consignadas para la plataforma marina de Cuba y presenta una metodología para su estudio. Se describen los principales caracteres para la identificación taxonómica de las familias. Para la realización del mismo se realizó una revisión sistemática de la literatura científica publicada y los registros de las principales colecciones del país. La presencia de segmentos geniculados y su forma tipo de conexión celular, tipo y diámetro del conceptáculo de esporocistes y de las células que lo conforman constituyen caracteres taxonómicos de diagnóstico en la identificación de estas macroalgas. Para Cuba se citan 23 especies, pertenecientes a dos familias y a 10 géneros, que habitan desde el litoral y hasta los 66 m, con predominio de las especies epifitas. La familia de mayor riqueza fue Corallinaceae con 23 especies. *Neogoniolithon*, *Jania* y *Amphiroa* son de mayor distribución en las diferentes regiones de la plataforma. El 41% de las especies ha sido consignado como raras o poco común en las aguas cubanas. No existen evidencias de estudios florísticos de estas algas y desde 1930 hasta la actualidad se han referenciado las algas coralinas en 62 trabajos, el 45% de ellos publicados en la primera década del siglo XX. La región de Habana-Matanzas es la más estudiada y la de mayor riqueza específica con 20 especies, mientras que la de menor riqueza es el sur del macizo de Guamuha con dos.

Palabras clave: Caribe, conceptáculo, distribución, diversidad, identificación taxonómica, geniculado, riqueza de especies, metodología.

Abstract: In the present work we review the current state of knowledge of the coralline species consigned for the marine platform of Cuba and presenting a methodology for its study. The main characters for the taxonomic identification of the families are described. A systematic review of the published scientific literature and records of the country's main collections was carried out to carry out the same. The presence of genicula segments and the shape, type of filament connections, type and diameter of sporangial conceptacles and their cells constitute key characters in the taxonomic identification of these macroalgae. For Cuba 23 species are reported, belonging to two families and 10 genera, inhabiting from the intertidal to 66 m, with a predominance of epiphytic species. The richest family was Corallinaceae with 23 species. The genera *Neogoniolithon*, *Jania* and *Amphiroa* are of greater distribution in the different regions of the platform. 41% of the species has been consigned as rare or uncommon in Cuban waters. There is no evidence of floristic