

201. SOBRE LA PRESENCIA DE *NOSTOC COMMUNE* VAR. *FLAGELLIFORME* (NOSTOCACEAE, CYANOPHYCEAE) EN SUELOS ARCILLOSOS DE REGIONES ÁRIDAS DEL SURESTE ESPAÑOL

Marina ABOAL¹, José Carlos CRISTÓBAL² y José Pedro MARÍN-MURCIA¹

Recibido el 18 de enero de 2010, aceptado para su publicación el 19 de abril de 2010

About the presence of Nostoc commune var. flagelliforme (Nostocaceae, Cyanophyceae) on clay soils from arid regions of south east Spain

Palabras clave. Cyanophyceae, *Nostoc*, distribución, ecología, morfología, regiones áridas, SE España.

Keywords. Cyanophyceae, *Nostoc*, distribution, ecology, morphology, arid regions, Southeastern Spain.

El género *Nostoc* es uno de los más fáciles de reconocer de entre las cianofíceas y, posiblemente por esta razón, ha sido citado muchas veces en todos los continentes (Geitler 1930-1932; Caraus 2002). Algunas de las especies, entre las que se encuentra *Nostoc commune* Vaucher, han sido recolectadas abundantemente en muy diferentes ambientes y en todos los continentes (Wright *et al.* 2001). *Nostoc flagelliforme* se ha citado para la mayor parte de los desiertos del mundo (Bornet & Flahault 1885-1887), pero no había sido encontrada en nuestro país (Álvarez-Cobelas & Gallardo, 1988). En este trabajo se describe la morfología, la ecología y la distribución de *Nostoc commune* var. *flagelliforme* (Berkeley & Curtis) Bornet & Flahault en zonas semiáridas y secas del sureste español y se discute su posición taxonómica; de hecho, esta es la primera cita de este taxón para España.

Todas las muestras se recolectaron sobre suelos con cobertura laxa de gravas, preferentemente en afloramientos de arcillas y yesos correspondientes a la facies Keuper



Figura 1: Situación de las localidades muestreadas. Los detalles de las estaciones 1-11 se especifican en la tabla 1.

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por las ayudas del Ministerio de Educación y Ciencia (CGL2006-09864) y de la Fundación Séneca de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (05762/PI/07).

del periodo Triásico Superior, aunque también se ha encontrado sobre terrenos margosos del Cretácico (localidades 7 y 10), en altitudes comprendidas entre los 80 y 890 m. Las localidades se detallan en la tabla 1 y se localizan en la figura 1. Los talos suelen concentrarse en pequeños claros de vegetación xerofítica, muy expuestos a las condiciones ambientales, sobre suelos desnudos carentes de la costra liquénica típica de los sustratos yesíferos y margosos. Los terrenos en los que se desarrolla siempre presentan una ligera pendiente (2-10%), que impide tanto el encharcamiento como el arrastre excesivo por escorrentía. Todas las localidades se encuentran situadas en una zona de marcado clima mediterráneo xérico, que se puede encuadrar en los pisos termo y mesomediterráneo (13-19°C) bajo ombroclima semiárido a seco inferior (200-350 mm) (Rivas Martínez, 1981, 1984), en ambientes dominados principalmente por matorrales y

tomillares gipsícolas o calcícolas del orden *Gypsophiletalia* (clase *Ononido-Rosmarinetea*) (Alcaraz *et al.* 1991).

El material recolectado se conservó a temperatura ambiente y se prepararon pliegos de herbario que se incluyeron en los herbarios de la Universidad de Murcia (MUB-Algae) y de la Universidad de Alicante (ABH-Algae); las firmas de dichos pliegos se recogen en la tabla 1.

Previa hidratación, se realizaron diversas secciones del talo y se observaron y fotografiaron con un microscopio óptico OLYMPUS ZH equipado con cámara digital.

Para poder comparar morfológicamente ambas variedades, se realizaron medidas de al menos 20 células en campos aleatorios de ejemplares seleccionados de las poblaciones de las variedades *commune* y *flagelliforme* y se anotó la ordenación externa de los filamentos.

Los talos en estado seco son filiformes,

LOCALIDAD	Nº	UTM	ALT	FECHA	HERBARIO ABH-Algae	HERBARIO MUB-Algae
Estret Roig. Tibi. Alicante.	1	30SYH9362	550	11-11-05, 15-11-05, 07-03-07	425, 426, 565	1287
Cerro de la Sal. Pinoso. Alicante	2	30SXH7250	800	03-12-05	546	
Pantano de Tibi. Tibi. Alicante	3	30SYH1764	490	16-03-07	601	1285, 1286
Barranco Salinas. Jijona. Alicante	4	30SYH5342	350	26-01-08	602	
Yecla. Murcia	5	30SXG6974	600	12-03-07		1263
Orcheta. Alicante	6	30SYH9973	230	25-02-08	603	
Sierra del Ventós, Alicante. Alicante	7	30SYH0861	890	11-05-08	611	
Agost. Alicante	8	30SYH0762	600	15-10-08	620	
Hondón de las Nieves. Alicante	9	30SXH7842	530	03-09-08	621	
San Blas. Alicante. Alicante	10	30SYH7586	80	14-02-10	623	
Río Torremanzanas. Jijona. Alicante	11	30SYH9537	200	13-02-10	740	

Tabla 1. Localidades con indicación del municipio, provincia, coordenadas UTM y altitud, además de los correspondientes pliegos de herbario.

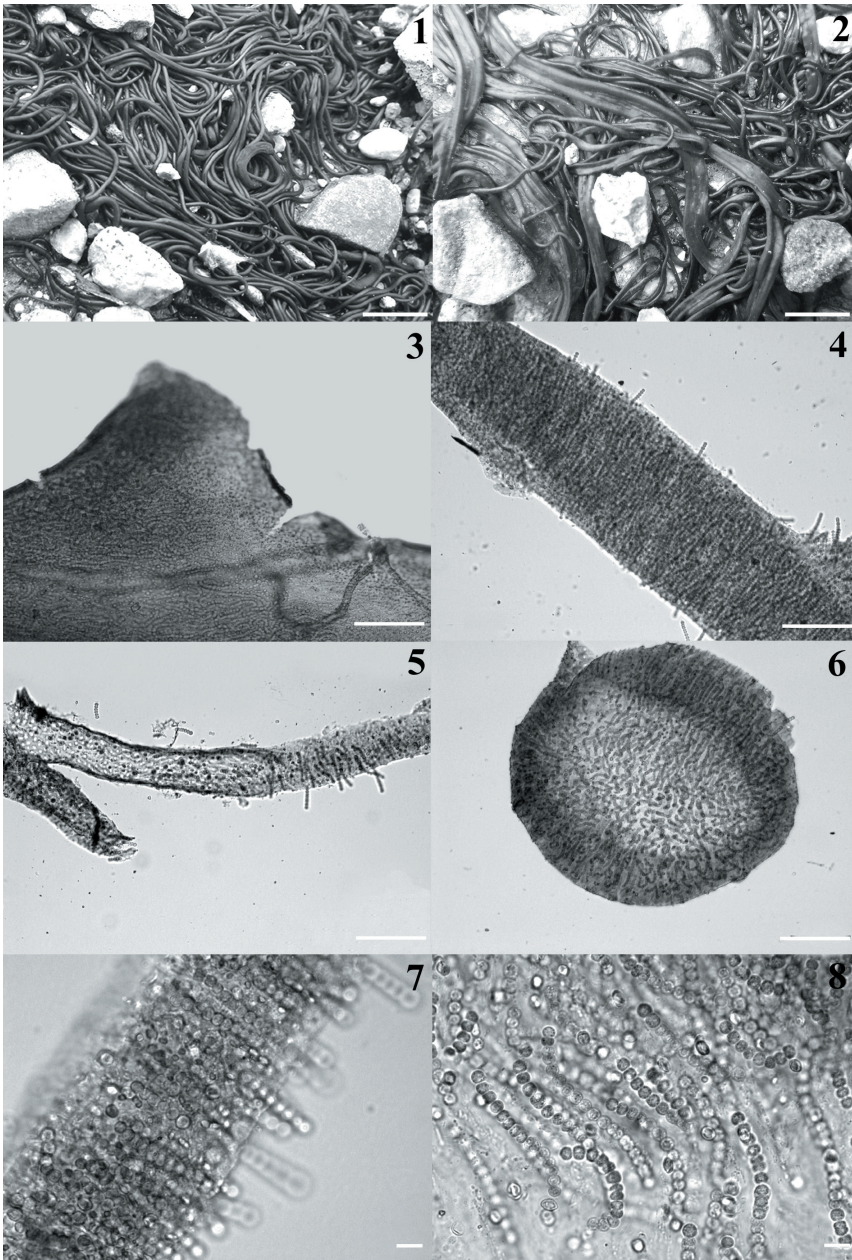


Figura 2. 1. Aspecto general de los talos cilíndricos de *Nostoc commune* var. *flagelliforme* y de las formas de transición. 2. Detalles de las formas de transición. 3. Detalle del margen laminar de un talo cilíndrico. 4. Vista superior del talo al microscopio óptico. 5. Sección longitudinal del talo. 6. Sección transversal del talo. 7. Disposición de los filamentos en la parte externa del talo. 8. Disposición de los filamentos en la parte interna del talo. La escala de las imágenes 1-2 representa 1cm, la de las imágenes 3-6 representa 100 μm y la de las imágenes 7-8 representa 10 μm .

Taxón	Diámetro de las células vegetativas μm	Diámetro de los heterocitos μm	Diámetro de los acinetos μm	Disposición externa de los filamentos
var. <i>flagelliforme</i>	4,70-6,18	5,56-6,36	5,60-5,68	paralela
var. <i>commune</i>	3,92-6,08	5,29-7,50	n.d.	glomérulos

Tabla 2. Comparación de los caracteres morfométricos de *Nostoc commune* var. *flagelliforme* y la var. *commune*.

ramificados y de coloración negruzca. En estado hidratado adquieren una coloración verdosa a pardoverdosa y pueden alcanzar de 1 a 4 mm de diámetro (fig. 2:1-2, fig. 3:1). En ocasiones pueden apreciarse láminas con un engrosamiento central y los márgenes revolutos, que pueden ramificarse (fig. 2:3, fig. 3:2). En visión superficial pueden observarse los filamentos dispuestos de forma paralela. Los filamentos tienen vainas hialinas en el centro y amarillentas en la periferia del talo. Los tricomas están constituidos por células de 4,5-5 μm de diámetro, con heterocitos intercalares de 6-7 μm de diámetro. No se observaron acinetos.

En el material del sureste español es posible apreciar formas de transición, desde láminas anchas muy alargadas hasta los talos más finos, aparentemente cilíndricos y negruzcos (fig. 2:2), en los que pueden apreciarse los restos de láminas (fig. 3:2), sobre todo en las partes más finas. A medida que los talos se hacen más finos se va oscureciendo su color quizá debido a la mayor concentración de filamentos y de escitonemina en las vainas, lo que representaría una adaptación extrema a la intensidad luminosa y a la presencia de sales.

Los caracteres morfométricos de los ejemplares filiformes quedan incluidos dentro el rango de variación de *N. commune* (tab. 2). Los filamentos en la var. *commune* suelen ser ondulados y se disponen generalmente formando glomérulos mientras que en la var. *flagelliforme* su carácter recto y su

disposición paralela se hace patente a medida que las láminas se adelgazan y se convierten en cordones cilíndricos.

Las dimensiones y características morfológicas se corresponden con las indicadas por Bornet & Flahault (1885-1887), Geitler (1930-1932) y Starmach (1966).

Aunque *Nostoc flagelliforme* se describió como una especie nueva basándose en la forma cilíndrica de sus talos y en la ordenación paralela de los tricomas, fue considerada posteriormente por Bornet & Flahault (1885-1887) como una variedad de *N. commune*. No obstante, ha sido citada en numerosas ocasiones con el rango específico pero los datos genómicos disponibles hasta la fecha no parecen avalar el mantenimiento de este rango (García-Pichel *et al.* 2001, Wright *et al.* 2001).

Se trata de una especie muy polimorfa que puede encontrarse con igual abundancia en regiones árticas, en las altas montañas, en llanuras templadas o países cálidos (Bornet & Flahault, 1885-1887). Estos mismos autores describieron con mucho detalle la formación de las colonias tanto de *Nostoc commune* como de la var. *flagelliforme*, que consideran un morfotipo extremo de aquella. Las colonias de *N. commune* son inicialmente esféricas y se convierten posteriormente en laminares. En las láminas se diferencian venaciones y posteriormente las partes finas de la lámina desaparecen y sólo quedan las venaciones, que se corresponden con la morfología típica de la variedad *flagelliforme*. Frémy (1929) describe



Figura 3: 1. Aspecto general de las colonias de *Nostoc commune* var. *flagelliforme* 2. Detalle de una de las láminas. La escala de la imagen 1 representa 1 cm y la de la imagen 2, 1mm.

el talo como filamentososo o reticulado. Whitton (2002) menciona que en el Reino Unido se encuentran formas intermedias entre *commune* y *flagelliforme* pero que no llegan a alcanzar el tipo extremo que representa la última.

Nostoc commune var. *flagelliforme* ha sido citada en México, Estados Unidos (Texas), Islas Seychelles (atolón de Aldabra), Marruecos, Somalia, China, Mongolia, Rumanía y Australia (Frémy 1929, Gao 1998, Mollenhauer *et al.* 1994, Scherer & Zhong 1991, Wright *et al.* 2001, Caraus 2002). Aunque parece que puede encontrarse en cualquier tipo de suelos, en nuestro caso parece ligada a la presencia de arcillas y margas, en ocasiones ricas en sulfatos y otras sales. A pesar de su escasez en las localidades prospectadas, probablemente su distribución es bastante más amplia en nuestro país, pero en estado seco pasa totalmente desapercibida y sólo es bien visible inmediatamente después de las lluvias.

En China es considerada una delicia y se

consume de diversas formas (Gao 1998, Liu *et al.* 2005). La búsqueda intensiva de la especie ha contribuido a la erosión de suelos de las regiones áridas en los que se desarrolla. En la actualidad está protegida y está prohibida su recolección, adquisición y comercialización (Gao 1998).

La filogenia del género ha sido estudiada en los últimos años, particularmente las especies macroscópicas y las características de desiertos (García-Pichel *et al.* 2001, Wright *et al.* 2001) y se ha comprobado que se trata de un género complejo que es necesario abordar desde múltiples perspectivas, ya que los datos genómicos y morfológicos de los que se dispone no son suficientes para separar con claridad las especies. En particular, parece que debido a su compleja evolución la filogenia de los intrones no permite inferir relaciones entre las especies del género (Wright *et al.* 2001). En este caso, es recomendable considerar a las formas intermedias como variedades de *N. commune* y no como especies independientes.

Las zonas áridas son olvidadas muchas veces a la hora de realizar catálogos de biodiversidad; sin embargo, pueden albergar especies enormemente interesantes, a veces en peligro de extinción, que pueden permitirnos comprender mejor la evolución de los impactos humanos y ambientales (Mollenhauer *et al.* 1999, Bhatnagar & Bhatnagar 2005).

AGRADECIMIENTOS. A Sergio Marcos Castaño por la recolección del material de Yecla.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCARAZ, F., P. SÁNCHEZ-GÓMEZ, A. DE LA TORRE, S. RÍOS y J. ÁLVAREZ RIGEL -1991- *Datos sobre la vegetación de Murcia*. PPU
- ÁLVAREZ-COBELAS, M. y M. GALLARDO -1988- Catálogo de las algas continentales españolas. V. Cyanophyceae Schaffner 1909. *Acta Bot. Malacitana* 13: 53-76.
- BAHTNAGAR, A. & M. BAHTNAGAR -2005-

- Microbial diversity in desert ecosystems. *Current Science* 89 (1): 91-100
- BORNET, E. & CH. FLAHAULT -1885/1887- Revision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France. Reimpresión de Later Starting Points Books for Botanical Nomenclature. Vol. 1. Wewinheim/Bergstr. H. R. Engelmann (J. Cramer).
- CARAU, I. -2002- The algae of Romania. *Studii di Cercetari, Biologie* 73: 1-694.
- GAO, K. -1998- Chinese studies on the edible blue-green alga, *Nostoc flagelliforme*: a review. *J. Appl. Phycol.* 10: 37-49.
- FRÉMY, P. -1929- Les Myxophycées de l'Afrique Equatoriale Française. Archives de Botanique. Tome III. Caen.
- GARCÍA PICHEL, F., A. LÓPEZ-CORTES & U. NÜBEL -2001- Phylogenetic and Morphological Diversity of Cyanobacteria in Soil Desert Crusts from the Colorado Plateau. *Appl. Environ. Microbiol.* 67 (4): 1902-1910.
- GEITLER, L. -1930/1932- Cyanophyceae. Reimpresión de Koeltz Scientific Books en 1985.
- LIU, X.-J., Y. JIANG & F. CHEN -2005- Fatty acid profile of the edible filamentous cyanobacterium *Nostoc flagelliforme* at different temperatures and developmental stages in liquid suspension culture. *Process biochemistry* 40(1): 371-377.
- MOLLENHAUER, D., B. BÜDEL & R. MOLLENHAUER -1994- Approaches to species delimitation in the genus *Nostoc* Vaucher 1803 ex Bornet et Flahault 1887. *Arch. Hydrobiol. Suppl* 105 (Algological Studies 75): 189-209.
- MOLLENHAUER, D., R. BENGTSSON & E.-L. LINDSTROM -1999- Macroscopic cyanobacteria of the genus *Nostoc*: a neglected and endangered constituent of European inland aquatic biodiversity. *Eur. J. Phycol.* 34: 349-360.
- RIVAS MARTÍNEZ, S. -1981- Les etages bioclimatiques de la végétation de la Péninsule Iberique. *Actas III Congr. OPTIMA. Anal. Jard. Bot. Madrid* 37(2) : 251-268. Madrid
- RIVAS MARTÍNEZ, S. -1994- Clasificación bioclimática de la Tierra. *Folia Botanica Matritensis* 13: 1-27. Madrid
- SCHERER, S. & Z.P. ZHONG -1991- Dessication independence of terrestrial *Nostoc commune* ecotypes (Cyanobacteria). *Microbial Ecology* 22 (1): 271-283.
- STARMACH, K. -1966- Cyanophyta-Sinice. Glaucophyta-Glaukofity. Flora Slodkowodna Polski. Tom 2. Polska Academia Nauk. Instytut Botaniki. Warsazawa.
- WHITTON, B.A. -2002- Phylum Cyanophyta (Cianobacteria). En: John, D.M., Whitton, B. A. & Brook, A.J. 2002. The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae. Cambridge University Press, 25-122.
- WRIGHT, D., T. PRICKETT, R.F. HELM & M. POTTS -2001- Form species *Nostoc commune* (Cyanobacteria). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 51: 1839-1852.
- Dirección de los autores. ¹Laboratorio de Algología, Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, E-30100 Murcia. ²Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante, Apartado 99, E-03080 Alicante. *Autora para correspondencia: maboal@um.es.