

# **Catálogo de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas de las aguas continentales españolas**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RURAL Y MARINO

2011

**Catálogo de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas de las aguas continentales españolas** es una obra elaborada por la Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Rural y Agua del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

**Dirección:** Javier Ruza Rodríguez.

**Coordinación:** Elena Barrios Barcia y Carmen Coletto Fiaño.

**Autores:** Samuel Cirés Gómez y Antonio Quesada de Corral.

**Agradecimientos:** A Jesús Yagüe Córdova, Subdirector General de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico, por su apoyo en la publicación de este catálogo. A las Confederaciones Hidrográficas y administraciones hidráulicas autonómicas, por su contribución aportando los datos de cianobacterias de sus programas de seguimiento del estado de las aguas continentales superficiales. A la Dra. Caridad de Hoyos, del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, por la revisión de este catálogo. Al grupo de investigación de embalses de la Universidad Autónoma de Madrid, por su trabajo en el campo de las cianobacterias planctónicas en embalses españoles durante más de una década. A las Comunidades Autónomas y al Organismo Autónomo Parques Nacionales, por haber facilitado los muestreos de cianobacterias en zonas de baño.



## MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

**Secretaría General Técnica:** Alicia Camacho García. **Subdirección General de Información al Ciudadano, Documentación y Publicaciones:** José Abellán Gómez. **Director del Centro de Publicaciones:** Juan Carlos Palacios López. **Jefa del Servicio de Producción y Edición:** M<sup>a</sup> Dolores López Hernández.

### Edita

© Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino  
Secretaría General Técnica  
Centro de Publicaciones

**Diseño y maquetación:** Tragsatec, S.A.

**Diseño de la cubierta:** Tragsatec, S.A.

**Fotografías:** Samuel Cirés, Antonio Quesada, Andreas Ballot, Brian A. Whitton y Frantisek Hindák.

**Impresión y encuadernación:** XXXXX

NIPO: 770-11-119-0  
ISBN: 978-84-491-1072-6  
Depósito Legal: XXXXX

Catálogo General de Publicaciones Oficiales:  
<http://publicacionesoficiales.boe.es>  
(servicios en línea/oficia virtual/Publicaciones)

**Datos Técnicos:** XXXXX

### Distribución y venta:

Pº de la Infanta Isabel, 1  
Teléfono: 91 347 55 41  
Fax: 91 347 57 22

Plaza San Juan de la Cruz, s/n  
Teléfono: 91 597 61 87  
Fax: 91 597 61 86

Tienda virtual: [www.marm.es](http://www.marm.es)  
e-mail: [centropublicaciones@marm.es](mailto:centropublicaciones@marm.es)

## PRESENTACIÓN

---

La importancia de las cianobacterias desde el punto de vista de la gestión del agua es manifiesta y creciente debido al avance que se ha producido en el conocimiento de todo lo relacionado con estos organismos ancestrales y su influencia en el estado de los ecosistemas acuáticos y en la salud humana.

La presencia de cianobacterias en las masas de agua continentales es normal y puede llegar a representar una parte fundamental de la red trófica. Sin embargo, en ecosistemas eutróficos y bajo determinadas condiciones ambientales, que en España suelen acontecer en la época estival, la dominancia de cianobacterias puede implicar una serie de riesgos que es necesario conocer y gestionar.

Estos riesgos se derivan de la capacidad que tiene este tipo de organismos para producir toxinas (cianotoxinas) que pueden alterar la capacidad de satisfacer determinados usos del agua como la producción de agua de consumo humano o el baño. De hecho, la legislación de algunos países occidentales considera a las cianotoxinas como uno de los principales compuestos contaminantes de las aguas dulces, superando en importancia a los metales pesados o a los plaguicidas.

La Directiva 2006/7/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de febrero de 2006, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño, identifica a las cianobacterias como uno de los parámetros a tener en cuenta para controlar la calidad de las aguas de recreo. El Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño transpone la citada directiva y establece la necesidad de llevar a cabo un control adecuado cuando el perfil de las aguas de baño muestre propensión a la proliferación de cianobacterias.

La Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, introduce la necesidad de clasificar el estado ecológico de las masas de agua por medio de indicadores biológicos como el fitoplancton y el fitobentos, entre otros. Las cianobacterias forman parte de estos dos grupos de organismos, por lo que el avance en su conocimiento genera también información de gran utilidad para el seguimiento del estado ecológico.

Con la publicación de este "Catálogo de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas de las aguas continentales españolas" la Dirección General del Agua pone a disposición de técnicos, gestores y público en general una herramienta de gran utilidad que servirá de apoyo en la identificación y conocimiento de estos organismos, tan importantes desde el punto de vista de la gestión del agua.

*Marta Morén Abat*  
Directora General del Agua



El enriquecimiento del agua en nutrientes, producido principalmente por la actividad humana, da lugar a la eutrofización de lagos y embalses. Los procesos relacionados con este deterioro de la calidad del agua y concretamente los crecimientos masivos de cianobacterias en el fitoplancton, como una consecuencia de la eutrofización, fueron muy estudiados en la última parte del siglo XX. En cambio, las investigaciones sobre identificación y cuantificación de las toxinas producidas por las cianobacterias son posteriores, por lo que sólo recientemente se ha reconocido a estos organismos como un problema de salud humana. No obstante, ambos aspectos están ya contemplados en la legislación europea sobre gestión del agua.

La Directiva Marco del Agua (2000/60/CE), requiere a todos los Estados miembros un buen estado ecológico de sus masas de aguas superficiales antes del año 2015, entendiendo por buen estado de la masa de agua una desviación leve de la estructura y funcionamiento del ecosistema en condiciones inalteradas. En esta directiva se señala a los crecimientos masivos de fitoplancton (en las aguas continentales formados fundamentalmente por cianobacterias) como uno de los elementos a tener en cuenta a la hora de evaluar el estado o potencial ecológico de lagos y masas de agua muy modificadas asimilables a lagos (por ejemplo embalses). Además, en los índices de composición del fitoplancton elaborados en diferentes países europeos para evaluar el estado ecológico, las cianobacterias, a nivel de grupo, género o especie, se encuentran entre los indicadores más importantes.

La Directiva 2006/7/CE sobre aguas de baño, complemento, como señala en su artículo 1, de la Directiva Marco del Agua, obliga a evaluar la propensión a la proliferación de cianobacterias en los perfiles de las aguas de baño y a realizar un control adecuado que permita determinar los riesgos para la salud. Esta directiva se transpone a la legislación española en el R.D. 1341/2007. También la legislación española sobre la calidad del agua de consumo humano (R.D. 140/2003) contempla a las cianobacterias, en este caso, fijando unos límites máximos permitidos en las toxinas producidas por estos microorganismos.

Por tanto, en la gestión de las masas de agua hay dos aspectos importantes en relación a las cianobacterias: por un lado, su identificación y cuantificación y, por otro, los análisis de la toxicidad y las toxinas asociadas. Para la primera tarea se requieren claves de identificación. Actualmente no existen manuales científicos modernos que engloben todos los grupos de cianobacterias y se requiere utilizar un gran número de artículos científicos para identificarlas correctamente. Para la adecuada gestión de las aguas en España, era muy necesario un catálogo como éste que permitiese a los técnicos encargados de esta tarea identificar los principales géneros y especies de cianobacterias presentes en nuestro país. Los autores han optado por una estructuración taxonómica sencilla, a nivel de género, con unas descripciones detalladas de las especies presentes en España y microfotografías que ayudan a una fácil identificación de las cianobacterias que pueden ser peligrosas. También se incluye información actualizada sobre las toxinas producidas por cada género.

El presente catálogo es una herramienta muy útil para los técnicos de las administraciones encargados de evaluar los riesgos de toxicidad debidos a las cianobacterias y permitirá recopilar información más precisa sobre el problema de las cianobacterias a nivel nacional, lo que sin duda ayudará a tomar las medidas necesarias para disminuir los riesgos que estos organismos tienen para la salud y a mejorar nuestro medio ambiente.

*Caridad de Hoyos Alonso*  
Centro de Estudios Hidrográficos  
CEDEX



## INTRODUCCIÓN ..... 9

Introducción .....	11
Ecología de las cianobacterias.....	11
Taxonomía.....	11
Cianotoxinas.....	12
El catálogo de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas de España .....	12
Cómo utilizar este catálogo.....	13

## CLAVES DE IDENTIFICACIÓN..... 15

Claves de identificación.....	17
Consejos para la identificación microscópica de cianobacterias.....	17
Clave de identificación de cianobacterias .....	19
¿Cómo distinguir las cianobacterias del resto de organismos que componen el fitoplancton? .....	19
Clave de identificación de órdenes .....	20
Clave de identificación de géneros .....	21
Géneros del orden Chroococcales .....	21
Géneros del orden Oscillatoriales.....	21
Géneros del orden Nostocales.....	21

## DESCRIPCIONES..... 23

Cianobacterias contenidas en este catálogo y toxicidad de los géneros .....	25
---	----

## Descripciones: Géneros..... 27

Orden Chroococcales .....	28
Género Coelosphaerium.....	28
Género Microcystis .....	28
Género Woronichinia .....	30
Orden Oscillatoriales.....	31
Género Limnothrix.....	31
Género Planktothrix .....	32
Orden Nostocales .....	33
Género Anabaena .....	33
Género Anabaenopsis .....	35
Género Aphanizomenon .....	36
Género Cylandrospermopsis.....	38
Género Raphidiopsis.....	39

Descripciones: Especies.....	41
Orden Chroococcales: géneros Coelosphaerium y Microcystis .....	42
Orden Chroococcales: género Microcystis .....	44
Orden Chroococcales: género Woronichinia .....	46
Orden Oscillatoriales: género Limnothrix .....	47
Orden Oscillatoriales: género Planktothrix.....	48
Orden Nostocales: género Anabaena (tricomas rectos) .....	50
Orden Nostocales: género Anabaena (tricomas enrollados) .....	56
Orden Nostocales: género Anabaenopsis.....	62
Orden Nostocales: género Aphanizomenon.....	64
Orden Nostocales: género Cylindrospermopsis .....	70
Orden Nostocales: género Raphidiopsis.....	72
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>75</b>
Bibliografía útil en la taxonomía de cianobacterias .....	77
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>79</b>
Glosario.....	81
<b>ÍNDICE DE ESPECIES .....</b>	<b>83</b>
Índice de especies.....	85

## Introducción





## INTRODUCCIÓN

---

### ECOLOGÍA DE LAS CIANOBACTERIAS

Las cianobacterias son organismos procariontes que presentan fotosíntesis oxigénica y contienen tanto pigmentos fotosintéticos típicos de las algas eucariontes y plantas, la clorofila *a*, como pigmentos específicos, las ficobilinas, que les confieren el típico color verdeazulado y unas características ecológicas únicas. Se estima que el grupo de las cianobacterias tuvo su origen en el Precámbrico y los fósiles más antiguos de los que se tiene constancia hasta la fecha corresponden a este grupo (Schopf y Walter, 1982).

Precisamente por su ancestral origen evolutivo y por presentar características compartidas entre los demás grupos de procariontes y de algas eucariontes o incluso de plantas, las cianobacterias representan uno de los grupos más controvertidos en los ecosistemas acuáticos. Aún en la actualidad se clasifican según dos sistemas taxonómicos distintos: la *clasificación botánica* y la *nomenclatura microbiológica*. Su carácter procarionte ha hecho que las cianobacterias, que de forma tradicional se han considerado algas, ahora se consideren bacterias, y de ahí los dos sistemas de clasificación paralelos. Incluso su nombre ha sufrido numerosas variaciones en las últimas décadas, pasando de llamarse **CIANOFÍCEAS** (algas verdeazuladas) a llamarse **CIANOBACTERIAS** o la denominación recientemente propuesta de **CIANOPROCARIONTES**.

Las cianobacterias se encuentran presentes en prácticamente todos los ecosistemas acuáticos de la Tierra y también en ambientes terrestres como suelos o superficies húmedas (muros, rocas, árboles, etc.). En los ambientes acuáticos forman parte fundamental de la red trófica tanto en ambientes marinos (el picoplancton está formado principalmente por cianobacterias unicelulares cocoides), como en ambientes salobres (algunas cianobacterias habitan incluso en salinas) o en aguas dulces, donde aparece la mayor diversidad de morfologías. Su distribución también parece independiente

de las condiciones ambientales; de esta forma, las cianobacterias pueden ser dominantes en ecosistemas encontrados a muy diversas latitudes, desde zonas polares hasta zonas ecuatoriales.

### TAXONOMÍA

Las cianobacterias, aun siendo un grupo relativamente pequeño en cuanto a número de especies (dependiendo del sistema de taxonomía varía entre unos cientos y pocos miles de especies), es un grupo muy complicado por la falta de diferencias morfológicas sencillas entre taxones próximos y por su pequeño tamaño (muchos organismos se encuentran en torno a 1 micrómetro de diámetro). Por otro lado, las nuevas técnicas moleculares que se están utilizando para dilucidar la posición filogenética de los diferentes taxones están demostrando la convergencia morfológica de taxones con importante distancia filogenética, lo que está conduciendo a una rápida reordenación de las especies y a una reasignación a diferentes niveles filogenéticos. Esto representa un cambio incluso a nivel de las familias y de los géneros contenidos en ellas, todo ello con las discrepancias correspondientes entre autores dependiendo del marcador genético utilizado.

Este 'movimiento' taxonómico ha conducido a la necesidad de utilizar *técnicas polifásicas* para la correcta adscripción de los diferentes taxones a sus diferentes niveles filogenéticos. Las técnicas polifásicas consisten en la utilización de toda la información disponible sobre cada taxón (morfológica, fisiológica, ultraestructural, ecológica y genética) para poder realizar su correcta disposición en el árbol filogenético.

En este catálogo se ha optado por la estructuración taxonómica más sencilla como herramienta práctica para su utilización de rutina. Por tanto, se ha considerado la sistemática fenotípica, aunque siempre que ha sido posible se han incluido aspectos ecológicos o, en su caso, genéticos. Así mismo, se han incluido los nuevos nombres genéricos (como sinónimos)

pensando que en un futuro más o menos cercano dichos nombres pueden aparecer en la literatura científica de forma habitual, aunque se ha seguido la nomenclatura tradicional de Anagnostidis y Komárek (1985, 1988) y Komárek y Anagnostidis (1986, 1989, 1999, 2005).

## CIANOTOXINAS

Un aspecto muy importante sobre las cianobacterias es la presencia de metabolitos secundarios en muchos de los taxones que, en algunas ocasiones, pueden ser tóxicos para los otros organismos de los ecosistemas, incluyendo los humanos. Estos metabolitos secundarios tóxicos se denominan genéricamente **CIANOTOXINAS** y se clasifican por los efectos que producen en los animales. Así, entre las cianotoxinas más habituales se encuentran, por una parte, las *hepatotoxinas*, que afectan a las células del hígado, representadas fundamentalmente por las microcistinas y las nodularinas (pequeños oligopéptidos de 7 ó 5 aminoácidos) y, por otra, las *neurotoxinas*, que afectan a la transmisión del impulso nervioso y que son las saxitoxinas y las anatoxinas (pequeños alcaloides). Existen otros grupos de toxinas importantes como son las *citotoxinas*, fundamentalmente la cilindrospermopsina, y las *dermatotoxinas* entre las que se encuentra la aplisiatoxina.

Existe otra serie de compuestos que tienen toxicidad y que se encuentran en la mayoría de las cianobacterias: las endotoxinas (LPS), que forman parte de la pared de las cianobacterias y que presentan una toxicidad limitada, y el BMAA, que es un aminoácido que parece estar relacionado con enfermedades nerviosas y neurodegenerativas en vertebrados.

## EL CATÁLOGO DE CIANOBACTERIAS PLANCTÓNICAS POTENCIALMENTE TÓXICAS DE ESPAÑA

El objetivo de este catálogo es representar de manera gráfica las cianobacterias planctónicas más habituales presentes en las aguas continentales españolas, que han sido descritas en España o en otro país como productoras de cianotoxinas (cianobacterias potencialmente

tóxicas). En el presente catálogo se han incluido exclusivamente los taxones de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas, considerando éstas como aquellos géneros en los que se ha encontrado en alguna ocasión cianotoxinas relacionadas con su presencia. Sin embargo, es importante resaltar el hecho de que en varios países europeos, incluida España, se han detectado importantes concentraciones de cianotoxinas en cianobacterias béticas que incluso han producido la muerte de mascotas y ganado. El hecho de excluirlas de este catálogo se debe al escaso conocimiento que se tiene sobre estas comunidades béticas y la escasa información referente a ellas en la geografía española. Además, la presencia de los afloramientos masivos de cianobacterias planctónicas en las aguas dulces de España supone un especial riesgo tanto para el ecosistema como para los usuarios del recurso hídrico, a través de su consumo o de su uso recreativo.

En este catálogo se pretende mostrar los aspectos morfológicos más importantes para poder identificar cada una de las cianobacterias incluidas, así como hacer referencia a su toxicidad.

Dentro de los distintos niveles de organización que se utilizan en la taxonomía de cianobacterias (órdenes, familias, géneros, especies) se ha optado por no hacer referencia al nivel de familia, dado lo controvertido de su delimitación y la escasa utilidad que presenta para una identificación dirigida a la gestión de aguas.

Por otra parte, el conjunto de todo el catálogo está orientado a considerar el nivel de género como el más útil para una identificación dirigida al análisis de riesgos por toxicidad en masas de agua afectadas por cianobacterias. Este nivel taxonómico es importante ya que, por una parte, los géneros son relativamente sencillos de reconocer y, por otra, las citas de toxicidad podrían contener errores de identificación a nivel de especie pero muy probablemente son correctas a nivel de género. Aunque el nivel taxonómico de especie es muy interesante desde el punto de vista científico, es sin embargo menos recomendable desde el enfoque de la gestión, puesto que las especies son más di-

fíciles de identificar basándose únicamente en la morfología y son necesarios también datos ecofisiológicos, genéticos y de todas las estructuras.

Este catálogo no pretende ser una guía exhaustiva de cianobacterias planctónicas españolas, sino una guía útil que permita identificar las cianobacterias planctónicas más habituales en España que pueden presentar toxicidad. Específicamente se han excluido del catálogo los géneros *Aphanocapsa* y *Aphanothece* por su dificultad de observación e identificación y por su improbable toxicidad en aguas españolas. Es necesario considerar que algunos taxones de cianobacterias son especialmente complicados e incluso los especialistas del país no se ponen de acuerdo respecto a su filiación. Por esta razón se propone el principio de precaución a la hora de asignar toxicidad potencial, de manera que, en los casos dudosos, se sugiere que dichos taxones se consideren potencialmente tóxicos hasta que se demuestre que no lo son.

A estas cautelas hay que añadir la consideración general de que este catálogo representa únicamente el estado de conocimiento en el momento de su elaboración en un campo científico, el de las cianobacterias potencialmente tóxicas, altamente dinámico y sometido a revisiones constantes. En este sentido, las continuas mejoras de las técnicas de detección de cianotoxinas, así como la cada vez más abundante información filogenética y ecológica sobre éstas exigirán continuar completando la información aquí recopilada en los años venideros.

En este catálogo se incluyen las cianobacterias contenidas en tres de los cinco órdenes habitualmente considerados. El orden Chroococcales está representado por organismos unicelulares o coloniales que normalmente no forman filamentos. En este orden se encuentra el género *Microcystis* que es el género mejor conocido en lo que respecta a su toxicidad, principal productor de la hepatotoxina microcistina. El orden Oscillatoriales está representado por aquellas cianobacterias filamentosas que normalmente no producen células diferenciadas,

ni heterocistos ni acinetos. Dentro de este orden incluimos el género *Planktothrix*, que es conocido productor de numerosas toxinas con órganos diana muy diversos (hígado, sistema nervioso, etc.). Finalmente, se incluye el orden Nostocales al que pertenecen todas las cianobacterias filamentosas con diferenciación celular, acinetos y/o heterocistos. Dentro de este orden se incluyen los géneros taxonómicamente más controvertidos que están, en el momento de edición de este catálogo, sometidos a profunda revisión y reasignación filogenética, entre los que se cuentan *Anabaena*, *Aphanizomenon* o *Cylindrospermopsis*, productores de una extensa gama de productos tóxicos que afectan a numerosos órganos, tejidos y actividades.

## CÓMO UTILIZAR ESTE CATÁLOGO

En este catálogo se incluye una breve metodología sobre la observación al microscopio de las muestras de cianobacterias. Posteriormente se incluye una serie de claves dicotómicas que permiten, en primer lugar, distinguir las cianobacterias de los otros grupos planctónicos mayoritarios en España. En segundo lugar, una descripción de los tres órdenes más importantes de cianobacterias con sus claves dicotómicas y, finalmente, una serie de claves de géneros que permiten identificar los géneros de cianobacterias potencialmente tóxicas. En la siguiente sección se describe cada uno de los géneros de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas que aparecen en España y las especies más habituales que se han descrito en la flora española, indicando los caracteres identificativos más importantes así como microfotografías de cada especie. Finalmente se incluye un glosario con los términos más importantes utilizados en este catálogo y la bibliografía más relevante para avanzar en la taxonomía de cianobacterias.

Imágenes de afloramientos de cianobacterias. Primera fila: *Anabaena cylindrica* y *Nostoc carneum* en el West Loch Ollay (Reino Unido; fuente: Brian A. Whitton). Segunda y tercera fila: afloramiento de *Microcystis* en el embalse de Alcántara (España).



Claves de Identificación

42222222



## CONSEJOS PARA LA IDENTIFICACIÓN MICROSCÓPICA DE CIANOBACTERIAS

Las cianobacterias planctónicas son microorganismos que, salvo en casos muy concretos, son indistinguibles al ojo humano y deben, por tanto, ser identificadas mediante técnicas de microscopía.

Como ya se reseñó en la introducción, la asignación de géneros y especies de cianobacterias se ha realizado tradicionalmente siguiendo criterios morfológicos (aspecto) observables al microscopio, si bien en los últimos años las técnicas genéticas y ecofisiológicas están añadiendo más elementos de juicio para la identificación. En el caso de este catálogo, la identificación se ha realizado siguiendo los criterios morfológicos y ecológicos recogidos en las claves taxonómicas habituales (Geitler, 1932; Komárek y Anagnostidis, 1999; 2005 y las demás recogidas en la bibliografía).

La identificación de cianobacterias suele realizarse mediante microscopía óptica de campo claro, utilizando microscopios equipados con objetivos de 10x, 20x, 40x y 100x, aunque otras técnicas como el contraste de fases y la interferencia diferencial de Nomarski pueden ser útiles a la hora de diferenciar algunos taxones. Estas técnicas, aplicadas a muestras de agua, permiten observar inalteradas ciertas características importantes para la identificación de las cianobacterias, como son la coloración de las células y la movilidad tanto de éstas como de los tricomas y hormogonios. No obstante, a pesar de que se recomienda comenzar con la muestra de agua inalterada, es de gran utilidad, una vez realizada la observación inicial de la muestra, añadir algún fijador como el formaldehído o el lugol que permitirá su preservación para posteriores observaciones, aunque el primero debe ser usado con precaución dada su toxicidad.

Así mismo, siempre es muy interesante tomar microfotografías de las muestras, para lo que una cámara acoplada al microscopio con una escala precisa se hace casi imprescindible.

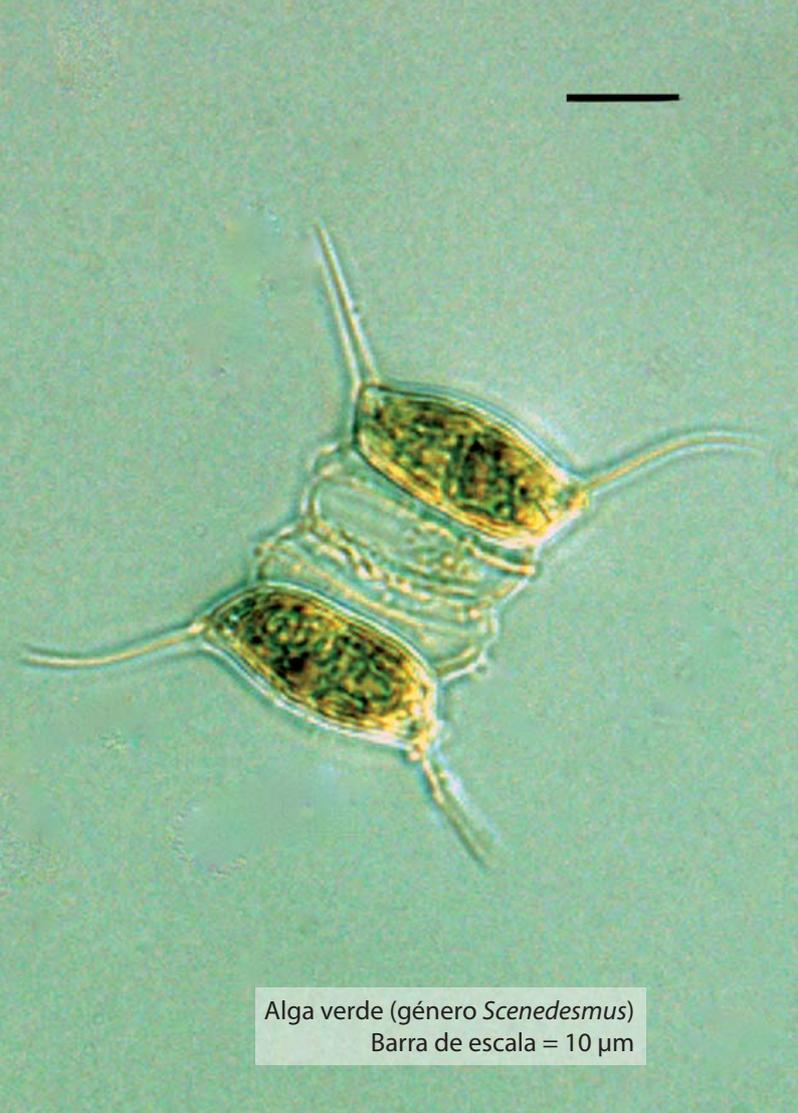
Generalmente, la concentración de organismos en las muestras de campo es baja, no permitiendo recoger toda la diversidad mediante la toma de una gota de agua y montaje en el portaobjetos. Por ello, las muestras de agua requieren una sencilla concentración previa a la observación microscópica, bien mediante la sedimentación de las mismas previa adición de lugol (AENOR, 2007), o bien aprovechando la capacidad de flotación natural de las cianobacterias (técnica de flotación, ver Carrasco et al, 2006). La técnica de Utermöhl (AENOR, 2007) permite además una cuantificación precisa de las cianobacterias.

Los elementos morfológicos diacríticos en los que el identificador debe poner su atención varían en función del grupo de cianobacterias estudiado. Así, en cianobacterias coloniales del orden Chroococcales (por ejemplo, el género *Microcystis*), el tamaño y forma de las células y, sobre todo, la forma de las colonias y el aspecto del mucílago son los elementos que determinan la asignación del género y la especie. En cianobacterias filamentosas del orden Oscillatoriales (por ejemplo el género *Planktothrix*), por su parte, los parámetros más destacados son la forma y dimensiones de las células, el aspecto y tamaño (sobre todo su anchura) del tricoma y la célula terminal. Sin embargo, en las filamentosas del orden Nostocales (por ejemplo, el género *Aphanizomenon*), a los criterios reseñados para las Oscillatoriales se unen las características de sus células diferenciadas, heterocistos y acinetos, fundamentalmente la forma, tamaño y posición relativa de dichas células.

Como se puede observar, las dimensiones juegan un papel fundamental en la identificación, por lo que es necesario disponer de una regla micrométrica acoplada al microscopio o, en caso de tener la posibilidad de tomar fotografías, alguna aplicación informática de medida. Se recomienda que las medidas se tomen con la mayor magnificación posible, utilizando objetivos de 40x ó 100x.



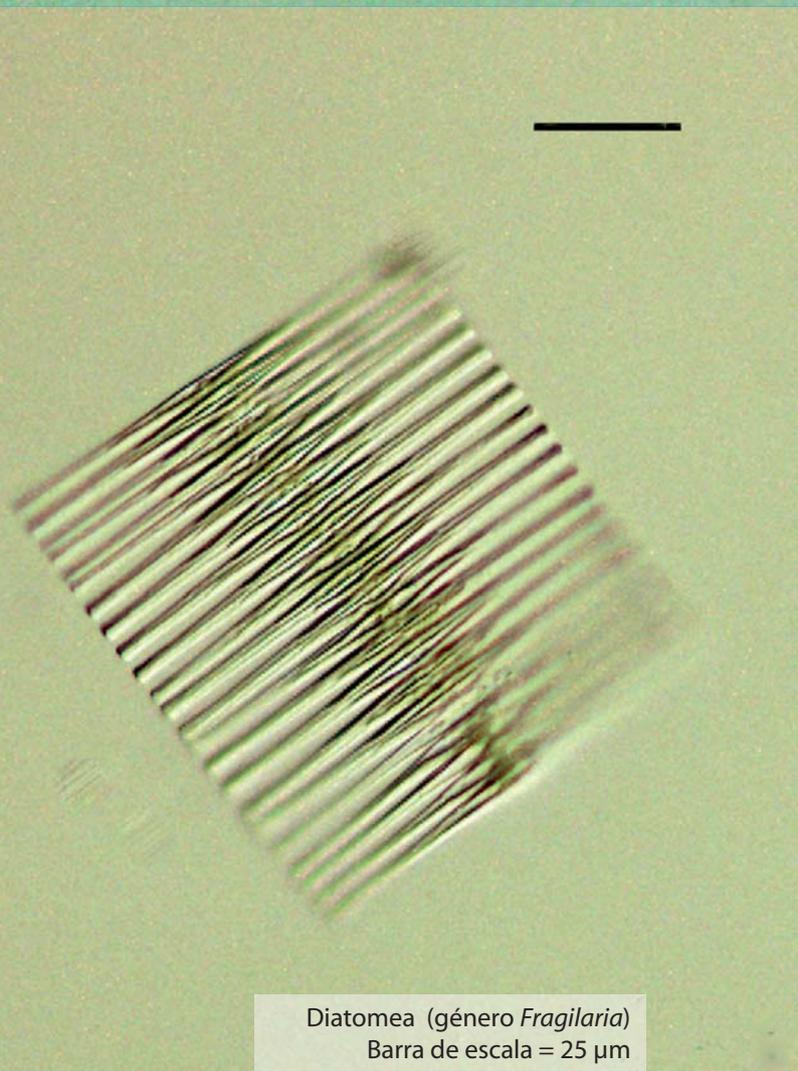
Cianobacteria (género *Anabaena*)  
Barra de escala = 25  $\mu\text{m}$



Alga verde (género *Scenedesmus*)  
Barra de escala = 10  $\mu\text{m}$



Criptofita (género *Cryptomonas*)  
Barra de escala = 10  $\mu\text{m}$



Diatomea (género *Fragilaria*)  
Barra de escala = 25  $\mu\text{m}$

## CLAVE DE IDENTIFICACIÓN DE CIANOBACTERIAS

### ¿CÓMO DISTINGUIR LAS CIANOBACTERIAS DEL RESTO DE ORGANISMOS QUE COMPONEN EL FITOPLANCTON?

- 1a. Células sin núcleo (procariotas) ni cloroplastos; coloración azul, verde azulada, verde oliva o púrpura más intensa en la región periférica de las células.. **Cyanophyceae (Cianobacterias)\***
- 1b. Células con uno o varios núcleos (eucariotas). Presencia de cloroplastos y otros plastos de formas y colores variados ..... **2**
- 2a. Plastos verdes ..... **3**
- 2b. Plastos de otros colores ..... **4**
- 3a. Organismos unicelulares, pluricelulares o filamentosos, sin flagelos o con dos o cuatro flagelos iguales apicales; con almidón como material de reserva, presentado en gránulos dispersos o constituyendo uno o varios pirenoides (el almidón se tiñe de azul en presencia de lugol) ..... Chlorophyceae (Algas Verdes)\*
- 3b. Células generalmente móviles; un flagelo apical visible o dos desiguales. Paramilón como material de reserva, presentado en forma de anillos, bastones o discos..... Euglenophyceae
- 4a. Generalmente unicelulares móviles con uno o dos flagelos. Almidón como producto de reserva..... **5**
- 4b. Algas amarillas o amarillo-verdosas. Unicelulares, palmeloides, filamentosas o sifonales. Pueden estar presentes estructuras de sílice en el estado vegetativo y/o en formas de resistencia. .... **6**
- 5a. Células solitarias de colores variados (marrones, azules, verde-azuladas, rojas etc.), con dos flagelos desiguales en posición subapical ..... Cryptophyceae (Criptofitas)\*
- 5b. Organismos generalmente unicelulares, con dos flagelos desiguales y de diferente orientación (uno longitudinal y otro transversal); células con dos surcos (longitudinal y transversal) donde se ubican los flagelos; excepcionalmente pueden aparecer formas sin flagelos y no fotosintéticas (heterótrofas)..... Dinophyceae
- 6a. Organismos unicelulares o coloniales, sin flagelos en la fase vegetativa; envuelta de sílice (frústulo) formada por dos partes (tecas)..... Bacillariophyceae (Diatomeas)\*
- 6b. A veces flageladas, cocales, palmeloides, filamentosas o sifonales ..... **7**
- 7a. Organismos de células solitarias, filamentosos o coloniales, generalmente sin flagelos, aunque en ocasiones aparecen formas móviles que presentan dos flagelos subapicales..... Xanthophyceae
- 7b. Organismos solitarios cocoidales o coloniales, raramente filamentosos, con uno o dos flagelos apicales y desiguales en la fase vegetativa, algunos con cubierta silíceas unitaria en forma de cápsula, urna o copa o cubiertas de escamas silíceas ..... Chrysophyceae

Se señalan con asterisco (\*) los grupos de algas cuya proporción relativa puede estimarse por métodos fluorométricos. Entre paréntesis puede leerse su denominación habitual en castellano.

## CLAVE DE IDENTIFICACIÓN DE ÓRDENES

---

- 1a. Cianobacterias filamentosas ..... **2**
- 1b. Cianobacterias no filamentosas (unicelulares o coloniales) ..... **3**
- 2a. Filamentos con ramificaciones verdaderas; presentan heterocistos ..... Orden Stigonematales
- 2b. Filamentos sin ramificaciones verdaderas ..... **4**
- 3a. Unicelulares (con células libres) o coloniales (células agregadas envueltas por una matriz mucilaginosa); reproducción por división binaria en uno, dos, tres o más planos ..... **Orden Chroococcales**
- 3b. Unicelulares (con células libres) o coloniales (células agregadas envueltas en una matriz mucilaginosa); reproducción por fisión múltiple con producción de células hijas de menor tamaño que las parentales ..... Orden Pleurocapsales
- 4a. Filamentos sin heterocistos ni acinetos; pueden presentar envueltas o vainas; reproducción por división celular en un plano; formación de hormogonios ..... **Orden Oscillatoriales**
- 4b. Filamentos pluricelulares capaces de producir heterocistos y/u, ocasionalmente, acinetos; pueden presentar falsas ramificaciones; división celular en un plano; reproducción mediante hormogonios ..... **Orden Nostocales**

Se señalan en negrita los órdenes a los que pertenecen los géneros descritos en este catálogo.

La distribución de cianobacterias en diferentes órdenes ha conllevado recientes polémicas y en la actualidad hay diferentes grupos de investigadores que defienden unas propuestas u otras. En este catálogo se utiliza la organización tradicional que distribuye las cianobacterias en cinco órdenes, aunque en la actualidad dos de ellos estén en entredicho (Pleurocapsales y Stigonematales). Sin embargo, esta polémica no afecta a este catálogo ya que todas las cianobacterias incluidas se encuentran en los tres órdenes estables.

## CLAVE DE IDENTIFICACIÓN DE GÉNEROS

---

### GÉNEROS DEL ORDEN CHROOCOCCALES

- 1a. División celular en dos planos ..... **2**
- 1b. División celular en tres planos; células agrupadas en colonias de forma irregular, que pueden llegar a ser macroscópicas; mucílago incoloro, difluente o claramente delimitado, en varias especies refringente; células esféricas o semiesféricas después de la división ..... **Microcystis**
- 2a. Colonias microscópicas más o menos esféricas u ovoides, frecuentemente con forma arriñonada, habitualmente compuestas por sub-colonias; células ligeramente elongadas, de forma oval; en las colonias maduras, las células aparecen densamente agregadas en torno al borde de la colonia; es habitual observar células solitarias en la periferia de las colonias de las que han sido liberadas ..... **Woronichinia**
- 2b. Colonias microscópicas mucilaginosas de formas esféricas u ovoides, con células organizadas irregularmente cerca de la superficie de la esfera; las células son esféricas, con tendencia a acumularse en una línea en la periferia de la colonia; la reproducción se produce por liberación de sub-colonias hijas ..... **Coelosphaerium**

### GÉNEROS DEL ORDEN OSCILLATORIALES

- 1a. Tricomas solitarios, rectos o ligeramente curvados, cilíndricos, generalmente sin constricciones entre células; en ocasiones con caliptra terminal; células generalmente cilíndricas, con vesículas de gas dispersas por todo el volumen celular; algunas especies son capaces de moverse ligeramente por deslizamiento ..... **Planktothrix**
- 1b. Tricomas solitarios, rectos o ligeramente curvados, cilíndricos, sin constricciones o con ligeras constricciones y sin caliptra terminal; células cilíndricas, con vesículas de gas organizadas de un modo característico, localizadas en los extremos de las células o unidas en un gran aerotopo central; sin movilidad o con movilidad muy reducida ..... **Limnothrix**

### GÉNEROS DEL ORDEN NOSTOCALES

- 1a. Tricomas sin heterocistos, atenuados y sub-simétricos ..... **Raphidiopsis**
- 1b. Tricomas con heterocistos, atenuados o no ..... **2**
- 2a. Heterocistos en posición terminal ..... **3**
- 2b. Heterocistos intercalares ..... **4**
- 3a. Tricomas solitarios, no atenuados, inicialmente metaméricos pero con heterocistos en posición terminal tras división del tricoma ..... **Anabaenopsis**
- 3b. Tricomas solitarios, atenuados; heterocistos desarrollados únicamente a partir de células terminales; acinetos subterminales ..... **Cylindrospermopsis**
- 4a. Tricomas no atenuados, metaméricos, rectos o enrollados; acinetos redondeados, sub-esféricos o elipsoidales, aislados o en parejas; células con vesículas de gas ..... **Anabaena**
- 4b. Tricomas solitarios o agrupados en fascículos, atenuados ligera o abruptamente; células terminales alargadas y redondeadas o puntiagudas; acinetos de formas variadas, desde sub-esféricos a cilíndricos, en posición paraheterocítica o ligeramente alejados de los heterocistos ..... **Aphanizomenon**



## Descripciones





**CYANOBACTERIAS CONTENIDAS EN ESTE CATÁLOGO Y TOXICIDAD DE LOS GÉNEROS**

ORDEN	GÉNERO	ESPECIE	NUEVA NOMENCLATURA EN REVISIÓN	TOXINAS (DEL GÉNERO)
Chroococcales	<i>Coelosphaerium</i>	<i>kuetzingianum</i>	-	Hepatotoxinas, neurotoxinas.
	<i>Microcystis</i>	<i>aeruginosa</i>	-	Microcistinas.
		<i>flos-aquae</i>	-	
		<i>ichthyoblabe</i>	-	
		<i>novacekii</i>	-	
		<i>viridis</i>	-	
<i>Woronichinia</i>	<i>naegeliana</i>	-	Microcistinas.	
Nostocales	<i>Anabaena</i>	<i>affinis</i>	<i>Dolichospermum affine</i> <sup>*1</sup>	Anatoxinas, cilindrospermopsinas, microcistinas, saxitoxinas.
		<i>bergii</i>	-	
		<i>circinalis</i>	<i>Dolichospermum circinale</i> <sup>*1</sup>	
		<i>crassa</i>	<i>Dolichospermum crassum</i> <sup>*1</sup>	
		<i>cyindrica</i>	-	
		<i>flos-aquae</i>	<i>Dolichospermum flos-aquae</i> <sup>*1</sup>	
		<i>lemmermannii</i>	<i>Dolichospermum lemmermannii</i> <sup>*1</sup>	
		<i>macrospora</i>	<i>Dolichospermum macrosporum</i> <sup>*1</sup>	
		<i>mendotae</i>	<i>Dolichospermum mendotae</i> <sup>*1</sup>	
		<i>perturbata</i>	<i>Dolichospermum perturbatum</i> <sup>*1</sup>	
		<i>planctonica</i>	<i>Dolichospermum planctonicum</i> <sup>*1</sup>	
		<i>solitaria</i>	<i>Dolichospermum solitarium</i> <sup>*1</sup>	
	<i>Anabaenopsis</i>	<i>elenkinii</i>	-	Anatoxinas, microcistinas.
		<i>milleri</i>	-	
	<i>Aphanizomenon</i>	<i>aphanizomenoides</i>	<i>Sphaerospermum aphanizomenoides</i> <sup>*2</sup>	Anatoxinas, cilindrospermopsinas, microcistinas, saxitoxinas.
		<i>flos-aquae</i>	-	
		<i>gracile</i>	-	
		<i>issatschenkoi</i>	<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> <sup>*3</sup>	
	<i>ovalisporum</i>	-		
	<i>Cylindrospermopsis</i>	<i>raciborskii</i>	-	Cilindrospermopsinas, saxitoxinas.
	<i>Raphidiopsis</i>	<i>curvata</i>	-	Anatoxinas, cilindrospermopsinas, saxitoxinas.
<i>mediterranea</i>		-		
Oscillatoriales	<i>Limnothrix</i>	<i>redekei</i>	-	Microcistinas.
	<i>Planktothrix</i>	<i>agardhii</i>	-	Anatoxinas, microcistinas, saxitoxinas.
		<i>isothrix</i>	-	
		<i>rubescens</i>	-	

<sup>\*1</sup> Ver Wacklin et al, 2009 y Komárek, 2010b; <sup>\*2</sup> Ver Zapomelová et al, 2009 y Komárek 2010b; <sup>\*3</sup> Ver Rajaniemi et al, 2005.



Descripciones:

Géneros



## ORDEN CHROOCOCCALES

### GÉNERO COELOSPHAERIUM

**Nombre completo:** *Coelosphaerium* Nägeli, 1849.

**Especie tipo:** *Coelosphaerium kuetzingianum* Nägeli, 1849.

**Descripción:** Cianobacterias unicelulares, con células agrupadas en colonias mucilaginosas de forma esférica u ovoide, en ocasiones compuestas por subcolonias. El mucílago es incoloro y homogéneo, difícilmente distinguible al microscopio.

Presenta células esféricas, generalmente sin vesículas de gas salvo en las especies *C. dubium* y *C. natans*. Las células se organizan de forma irregular, con tendencia a formar una capa más densa en la periferia de la colonia.

La división celular se produce en dos planos perpendiculares entre sí y a la superficie de la colonia.

La reproducción se produce mediante desintegración de la colonia y liberación de subcolonias.

**Toxinas producidas:** hepatotoxinas, neurotoxinas.

**Especies planctónicas potencialmente tóxicas cuya producción de toxinas ha sido confirmada en al menos una cepa a nivel mundial** (con \* aquellas de las que se tienen referencias de su aparición en España):

*Coelosphaerium kuetzingianum*\*

### GÉNERO MICROCYSTIS

**Nombre completo:** *Microcystis* Kützing ex Lemmermann, 1907.

**Especie tipo:** *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, 1846.

**Descripción:** Colonias microscópicas o, en ocasiones, macroscópicas, flotantes, con formas de esféricas a irregulares, en algunos casos compuestas por subcolonias, con células densamente agregadas, rodeadas por un mucílago común, fino, más o menos homogéneo, y en algunas especies refringente al microscopio.

Las células son esféricas o semiesféricas después de la división, sin envueltas individuales y presentan vesículas de gas visibles al microscopio.

La división celular se produce en tres planos perpendiculares entre sí, lo que dota a las colonias de una marcada tridimensionalidad.

La forma de las colonias, el aspecto del mucílago y el diámetro de las células son las características más importantes en la delimitación de especies dentro de este género.

**Toxinas producidas:** microcistinas.

**Especies planctónicas potencialmente tóxicas cuya producción de toxinas ha sido confirmada en al menos una cepa a nivel mundial** (con \* aquellas de las que se tienen referencias de su aparición en España):

*Microcystis aeruginosa*\*

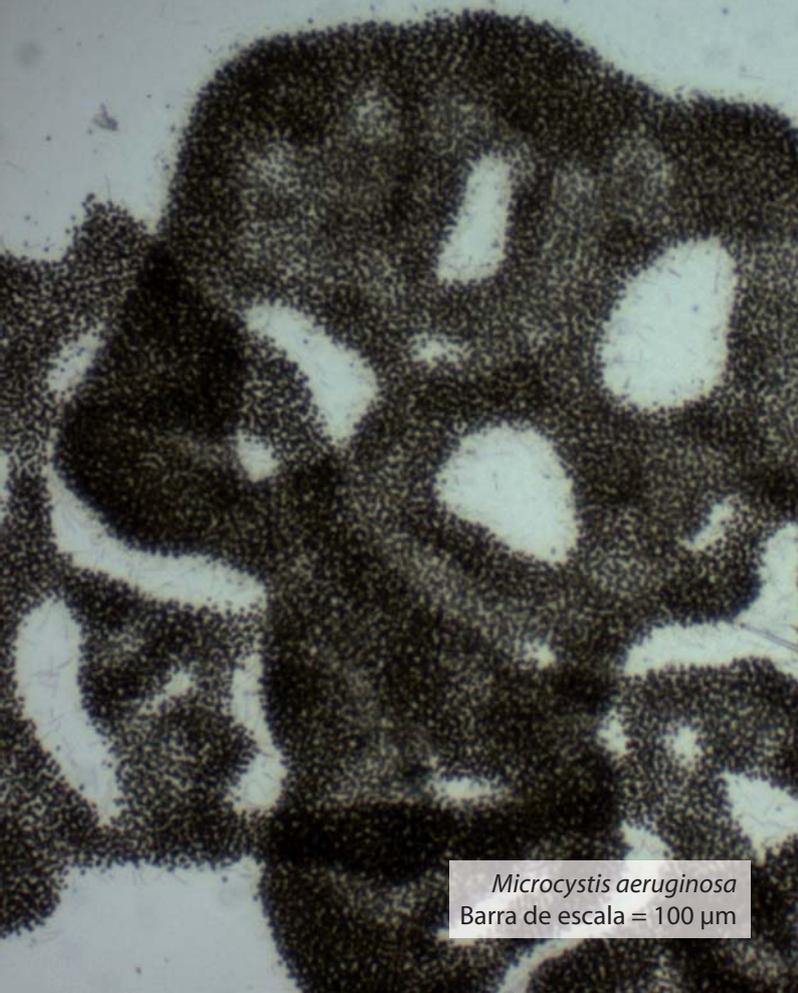
*Microcystis botrys*

*Microcystis flos-aquae*\*

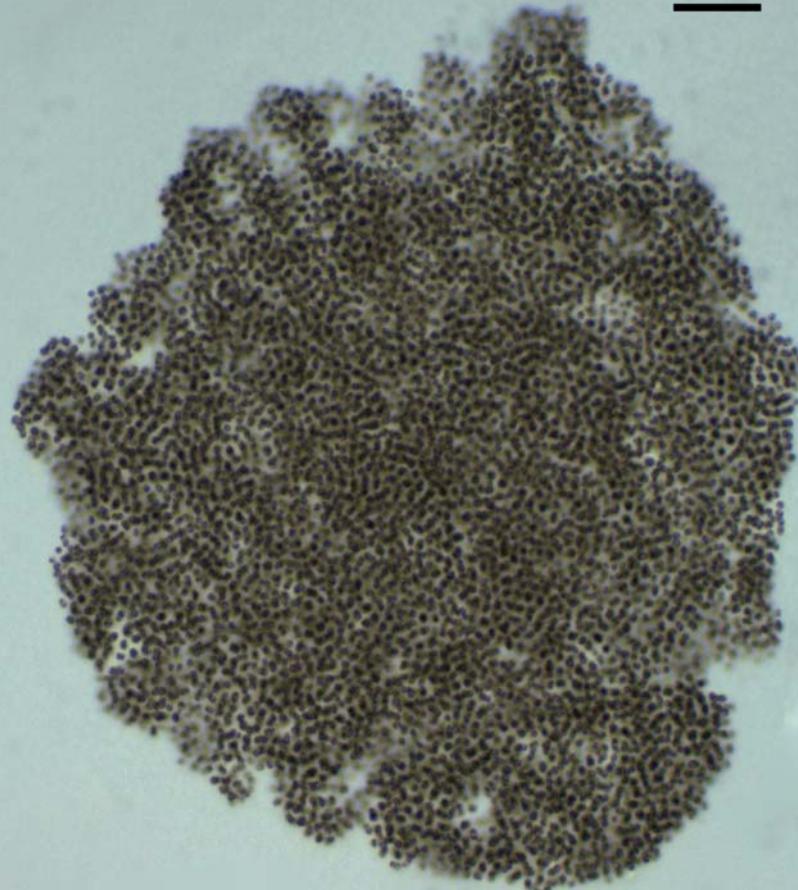
*Microcystis ichthyoblabe*\*

*Microcystis novacekii*\*

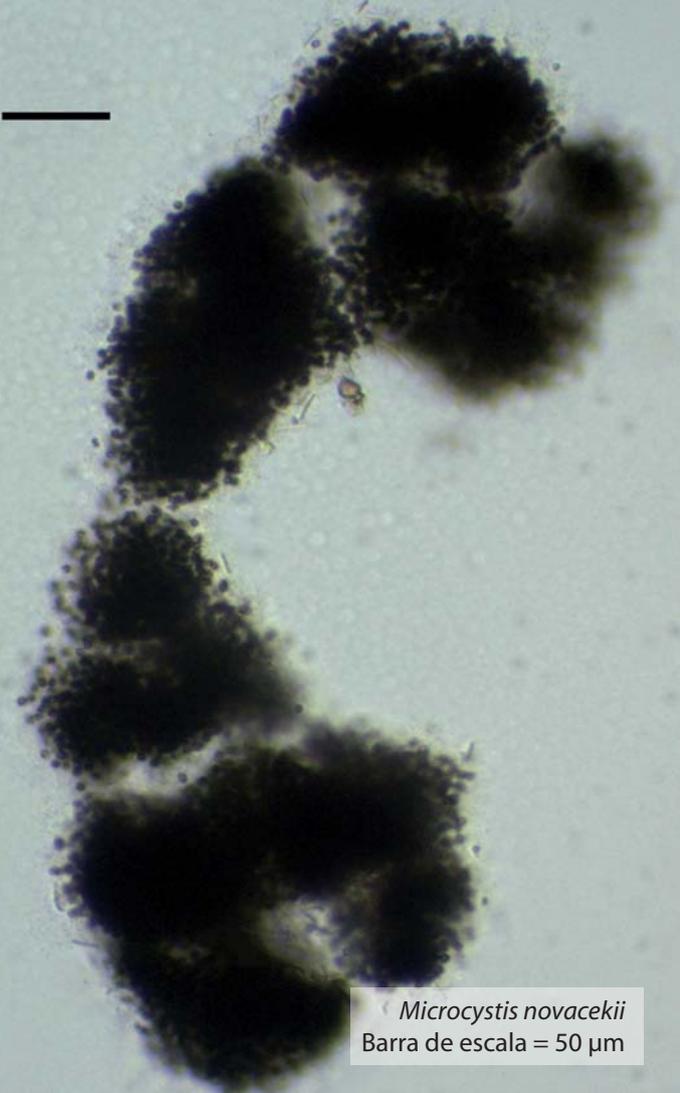
*Microcystis viridis*\*



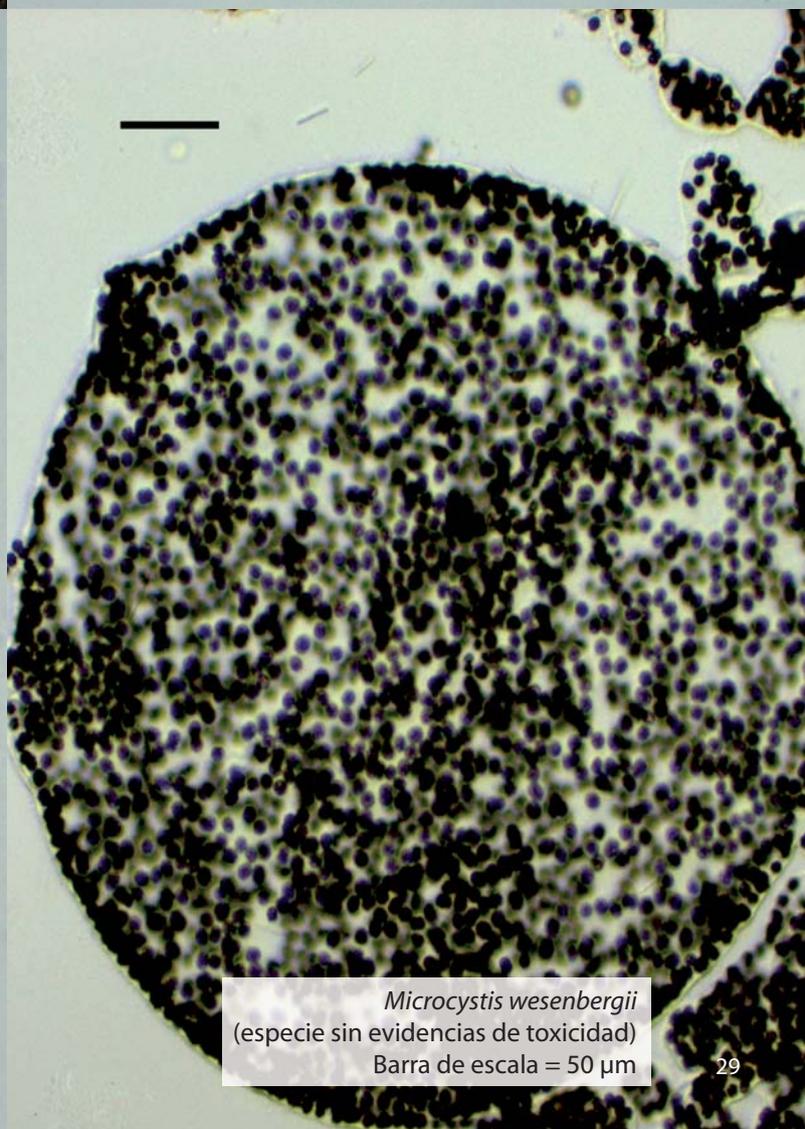
*Microcystis aeruginosa*  
Barra de escala = 100  $\mu\text{m}$



*Microcystis flos-aquae*  
Barra de escala = 50  $\mu\text{m}$



*Microcystis novacekii*  
Barra de escala = 50  $\mu\text{m}$



*Microcystis wesenbergii*  
(especie sin evidencias de toxicidad)  
Barra de escala = 50  $\mu\text{m}$

## GÉNERO WORONICHINIA

**Nombre completo:** *Woronichinia* Elenkin, 1933.

**Especie tipo:** *Woronichinia naegeliana* (Unger) Elenkin, 1933.

**Descripción:** Colonias microscópicas más o menos esféricas, habitualmente compuestas por sub-colonias. Las colonias de su especie tipo, *Woronichinia naegeliana*, presentan una forma arriñonada característica.

Las colonias están envueltas por un mucílago fino, que forma pedúnculos en el centro de la colonia.

Las células tienen formas desde sub-esféricas ligeramente elongadas a ovaladas u ovoides. La división celular se produce en dos planos. En las colonias maduras, las células se agrupan formando una densa capa en la periferia de la colonia.

En ocasiones, pueden observarse células liberadas de las colonias que quedan situadas en la periferia de la colonia de la que proceden.

**Toxinas producidas:** microcistinas.

Hasta el momento sólo existen evidencias parciales de la toxicidad de *Woronichinia naegeliana* (ver Willame et al, 2005), mientras que en España dicha producción de toxinas no ha podido demostrarse.

**Especies planctónicas potencialmente tóxicas cuya producción de toxinas ha sido confirmada en al menos una cepa a nivel mundial** (con \* aquellas de las que se tienen referencias de su aparición en España):

*Woronichinia naegeliana*\*

### Género *Woronichinia*



## ORDEN OSCILLATORIALES

---

### GÉNERO LIMNOTHRIX

**Nombre completo:** *Limnothrix* Meffert, 1988.

**Especie tipo:** *Limnothrix redekei* (Van Goor) Meffert, 1988.

**Descripción:** Filamentos solitarios, sin heterocistos ni acinetos, rectos o ligeramente curvados. Los filamentos, de forma cilíndrica, no presentan vaina, salvo en algunos casos en que aparece de forma facultativa.

Las células son isodiamétricas o más largas que anchas, sin constricciones o muy ligeramente constreñidas en las separaciones entre células. Las células terminales son generalmente cilíndricas y no presentan caliptra.

El elemento más característico del género es la organización de las vesículas de gas, que se ubican bien en los extremos de las células o bien unidas en un gran aerotopo en la parte central de la célula.

**Toxinas producidas:** microcistinas.

**Especies planctónicas potencialmente tóxicas cuya producción de toxinas ha sido confirmada en al menos una cepa a nivel mundial** (con \* aquellas de las que se tienen referencias de su aparición en España):

*Limnothrix redekei*\*

*Limnothrix redekei*



*Limnothrix redekei*  
Barra de escala = 10 µm

## GÉNERO PLANKTOTHRIX

**Nombre completo:** *Planktothrix* Anagnostidis et Komárek, 1988.

**Especie tipo:** *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis et Komárek, 1988.

**Descripción:** Filamentos solitarios, sin heterocistos ni acinetos. Los filamentos suelen ser rectos, aunque en algunos casos pueden aparecer ligeramente curvados. Suelen ser isodiamétricos y sin constricciones o muy ligeramente constreñidos entre células. Algunas de sus especies pueden presentar una vaina que, en el caso de las especies planctónicas, aparece sólo bajo condiciones desfavorables.

Las células suelen presentar forma cilíndrica y en general son más anchas que largas, con vesículas de gas distribuidas por todo el volumen celular. Las células terminales son ligeramente redondeadas y suelen presentar una pared engrosada y, en ocasiones, aparece una caliptra.

En algunas especies puede observarse un ligero movimiento propio, denominado con los términos anglosajones "gliding" (deslizamiento) o "trembling" (temblor).

**Toxinas producidas:** anatoxinas, microcistinas, saxitoxinas.

**Especies planctónicas potencialmente tóxicas cuya producción de toxinas ha sido confirmada en al menos una cepa a nivel mundial** (con \* aquellas de las que se tienen referencias de su aparición en España):

*Planktothrix agardhii*\*

*Planktothrix isothrix*\*

*Planktothrix rubescens*\*

### Comentarios taxonómicos:

Las especies pertenecientes al género *Planktothrix* estaban incluidas anteriormente en el género *Oscillatoria* y en algunas obras de la bibliografía científica aparecen como dicho género, aunque manteniendo el epíteto específico (por ejemplo *Planktothrix agardhii* era conocido anteriormente como *Oscillatoria agardhii*).

### Género *Planktothrix*



*Planktothrix agardhii*  
Barra de escala = 10 µm  
C: caliptra

## ORDEN NOSTOCALES

### GÉNERO ANABAENA

**Nombre completo:** *Anabaena* Thwaites ex Bory ex Bornet et Flahault, 1886.

**Especie tipo:** *Anabaena flos-aquae* Brébisson ex Bornet et Flahault, 1888.

**Descripción:** El género comprende tanto especies bentónicas como planctónicas. La descripción aquí presentada se centra en las características de las especies planctónicas, cuya denominación (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Dolichospermum* o *Trichormus*) está en discusión en el momento de elaboración de esta guía (ver, más abajo, comentarios taxonómicos).

*Anabaena* presenta filamentos solitarios, en ocasiones formando agregados. Pueden ser rectos, curvados o enrollados regular o irregularmente. Los tricomas no están envueltos por vainas, aunque en algunas especies aparece un mucílago fino.

Las células tienen formas variadas, desde subesféricas a cilíndricas, siendo las células terminales muy similares al resto de células vegetativas del filamento. Es habitual la presencia de vesículas de gas.

Los heterocistos aparecen en posiciones intercalares y suelen presentarse en solitario o, excepcionalmente, en pares.

Los acinetos aparecen en solitario o formando hileras de hasta 5 ó 6 acinetos y se sitúan por lo general separados de los heterocistos, generalmente con varias células vegetativas entre ambos, aunque también pueden ser adyacentes, como ocurre en *A. lemmermannii*. Las formas de los acinetos son variadas, y por lo general en estado maduro son de mayor tamaño que las células vegetativas.

**Toxinas producidas:** anatoxinas, cilindrospermopsinas, microcistinas, saxitoxinas.

**Especies planctónicas potencialmente tóxicas cuya producción de toxinas ha sido confirmada en al menos una cepa a nivel mundial** (con \* aquellas de las que se tienen referencias de su aparición en España):

*Anabaena affinis* (*Dolichospermum affine*)\*  
*Anabaena bergii*\*  
*Anabaena circinalis* (*Dolichospermum circinale*)\*  
*Anabaena crassa* (*Dolichospermum crassum*)\*  
*Anabaena cylindrica*\*  
*Anabaena flos-aquae* (*Dolichospermum flos-aquae*)\*  
*Anabaena lapponica*  
*Anabaena lemmermannii* (*Dolichospermum lemmermannii*)\*  
*Anabaena macrospora* (*Dolichospermum macrosporum*)\*  
*Anabaena mendotae* (*Dolichospermum mendotae*)\*  
*Anabaena perturbata* (*Dolichospermum perturbatum*)\*  
*Anabaena planctonica* (*Dolichospermum planctonicum*)\*  
*Anabaena solitaria* (*Dolichospermum solitarium*)\*

#### Comentarios taxonómicos:

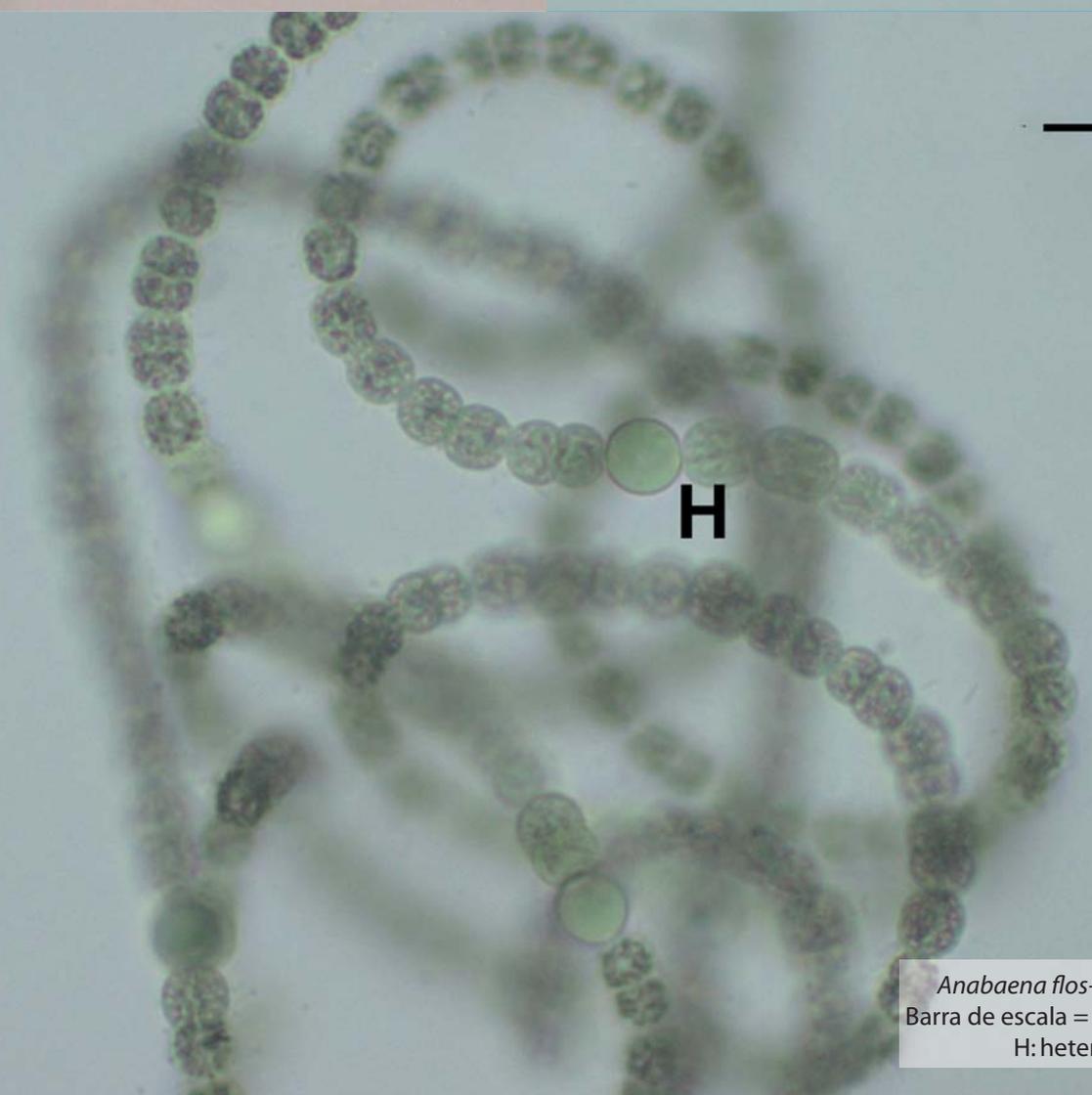
En el momento de elaboración de este catálogo, se encuentra en discusión la nomenclatura del género *Anabaena*, habiéndose propuesto en 2009 la denominación *Dolichospermum* para algunas especies planctónicas del género *Anabaena* y la reubicación de otras especies en los géneros *Aphanizomenon* y *Trichormus*. Para más detalles, consultar Wacklin et al, 2009 y Komárek, 2010b.



*Anabaena planctonica*  
Barra de escala = 25  $\mu\text{m}$   
H: heterocisto; A: acineto



*Anabaena crassa*  
Barra de escala = 10  $\mu\text{m}$   
H: heterocisto; A: acineto



*Anabaena flos-aquae*  
Barra de escala = 10  $\mu\text{m}$   
H: heterocisto

## GÉNERO ANABAENOPSIS

**Nombre completo:** *Anabaenopsis*  
(Woloszyńska) Miller, 1923.

**Especie tipo:** *Anabaenopsis elenkinii* Miller,  
1923.

**Descripción:** Filamentos solitarios, generalmente enrollados o curvados, formando anillos o cortas espirales, encontrándose filamentos rectos sólo en raras ocasiones.

Su apariencia general es similar a la del género *Anabaena*, si bien estos dos géneros se distinguen claramente por el patrón de desarrollo de los heterocistos característico de *Anabaenopsis*. Los heterocistos se desarrollan a partir de la división asimétrica de dos células contiguas que dan lugar a dos heterocistos esféricos u ovoides, tras lo que se desintegra el filamento entre los dos heterocistos y se generan dos filamentos cortos con los heterocistos en posición terminal en ambos extremos del filamento,

siendo ésta la apariencia habitual de las poblaciones en el campo.

Las células son cilíndricas o en forma de barril, con presencia habitual de vesículas de gas.

Los acinetos son esféricos u ovoides y aparecen en solitario o en hileras cortas, en posiciones intercalares y distanciados de los heterocistos.

**Toxinas producidas:** anatoxinas, microcistinas.

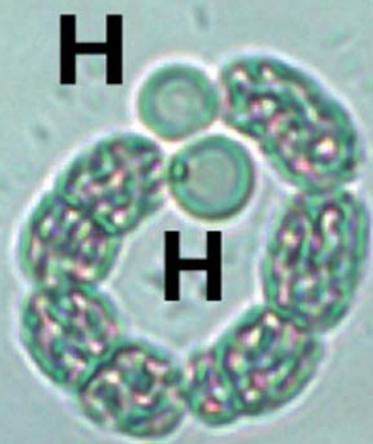
**Especies planctónicas potencialmente tóxicas cuya producción de toxinas ha sido confirmada en al menos una cepa a nivel mundial** (con \* aquellas de las que se tienen referencias de su aparición en España):

*Anabaenopsis elenkinii*\*

*Anabaenopsis arnoldii*

*Anabaenopsis milleri*\*

### Género *Anabaenopsis*



Tricoma de *Anabaenopsis*  
Barra de escala = 10  $\mu$ m  
H: heterocisto

## GÉNERO APHANIZOMENON

**Nombre completo:** *Aphanizomenon* Morren ex Bornet et Flahault, 1886.

**Especie tipo:** *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet et Flahault, 1886.

**Descripción:** Filamentos rectos y generalmente solitarios o, en algunas especies, formando agregados muy característicos denominados "fascículos".

Los filamentos suelen estrecharse hacia los extremos, donde aparecen células terminales de formas variadas (cilíndricas, sub-cilíndricas o en forma de flecha) y ligeramente más estrechas que el resto del filamento. Es habitual que dichas células terminales sean total o parcialmente hialinas y de mayor longitud que las células vegetativas.

Las células vegetativas son por lo general más largas que anchas, presentando formas diversas desde elipsoidales o en forma de barril hasta cilíndricas.

Los heterocistos se sitúan en posiciones intercalares y pueden ser sub-esféricos, elipsoidales u ovalados.

La forma y posición de los acinetos son criterios fundamentales tanto para identificar el género *Aphanizomenon* como para delimitar las especies dentro de dicho género. Los acinetos presentan formas características de cada especie, pudiendo ser sub-esféricos, elipsoidales, ovoides o, en algunas especies, cilíndricos, alcanzando en este último caso longitudes varias veces superiores a las de las células vegetativas del filamento al que pertenecen. En cuanto a su posición, también característica de cada especie, pueden presentarse inmediatamente al lado de los heterocistos o separados de ellos por varias células vegetativas y nunca, salvo rotura del filamento, en posición terminal.

**Toxinas producidas:** anatoxinas, cilindrospermopsinas, microcistinas, saxitoxinas.

**Especies planctónicas potencialmente tóxicas cuya producción de toxinas ha sido confirmada en al menos una cepa a nivel mundial** (con \* aquellas de las que se tienen referencias de su aparición en España):

*Aphanizomenon aphanizomenoides* (*Sphaerospermum aphanizomenoides*)\*

*Aphanizomenon flos-aquae*\*

*Aphanizomenon gracile*\*

*Aphanizomenon issatschenkoi* (*Cuspidothrix issatschenkoi*)\*

*Aphanizomenon ovalisporum*\*

### Comentarios taxonómicos:

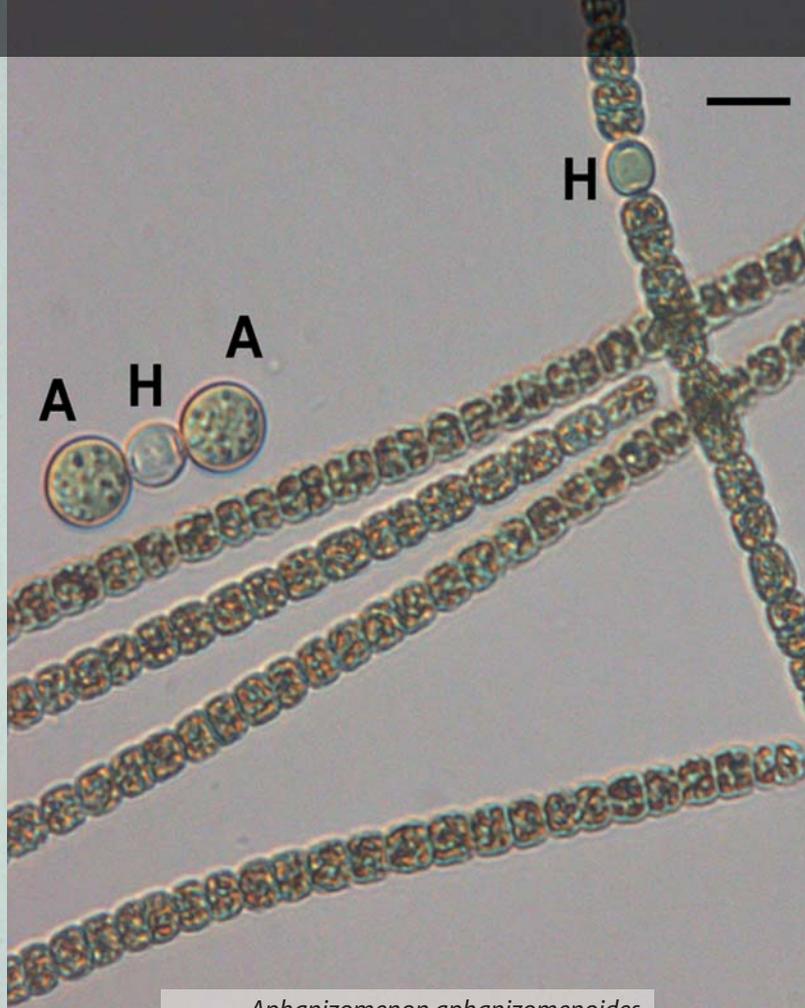
En el momento de elaboración de este catálogo, se halla en discusión la denominación de varias de las especies que tradicionalmente componían este género, varias de ellas con importancia toxicológica.

La especie *Aphanizomenon issatschenkoi* ha sido ubicada por algunos autores (Rajaniemi et al, 2005) dentro de un nuevo género denominado *Cuspidothrix*.

La especie *Aphanizomenon aphanizomenoides*, anteriormente denominada *Anabaena aphanizomenoides*, ha sido renombrada como *Sphaerospermum aphanizomenoides* (ver, para más detalles, Komárek 2010b y Zapomelová et al, 2009).



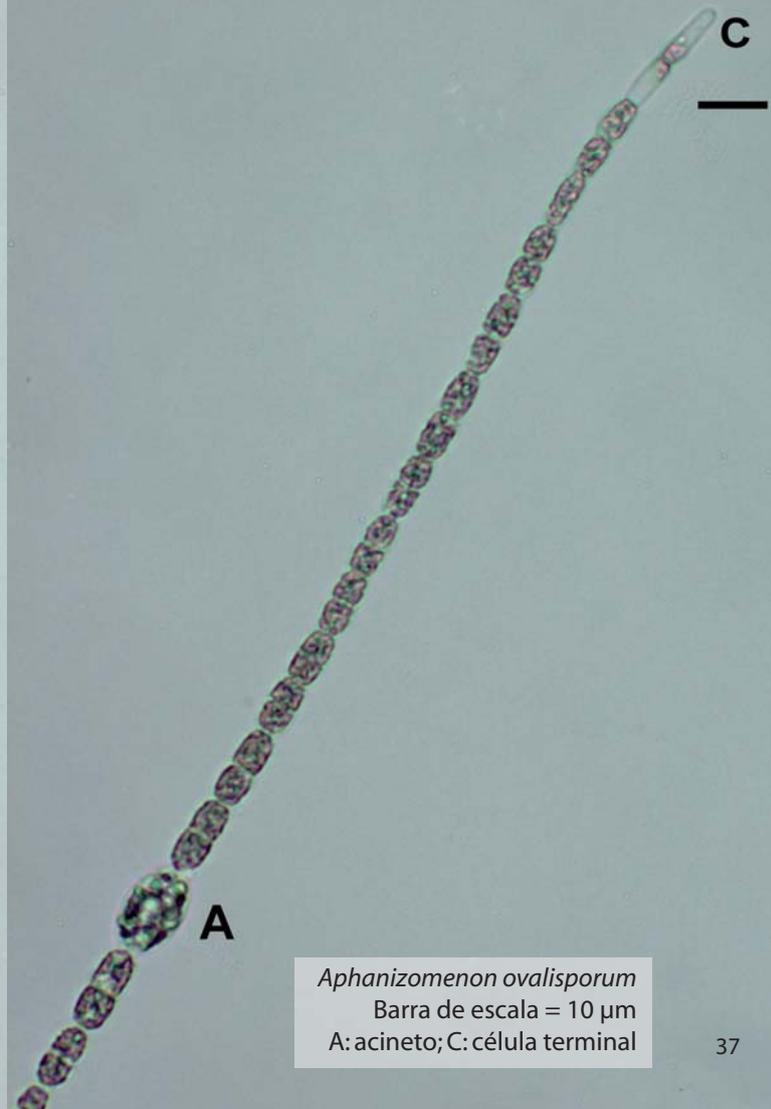
*Aphanizomenon flos-aquae*  
Barra de escala = 10  $\mu$ m  
C: célula terminal



*Aphanizomenon aphanizomenoides*  
Barra de escala = 10  $\mu$ m  
H: heterocisto; A: acineto



*Aphanizomenon issatschenkoi*  
Barra de escala = 10  $\mu$ m  
H: heterocisto; C: célula terminal



*Aphanizomenon ovalisporum*  
Barra de escala = 10  $\mu$ m  
A: acineto; C: célula terminal

## GÉNERO CYLINDROSPERMOPSIS

**Nombre completo:** *Cylindropermopsis* Seenayya et Subba-Raju, 1972.

**Especie tipo:** *Cylindropermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba-Raju, 1972.

**Descripción:** Filamentos solitarios, rectos, ligeramente curvados y en ocasiones enrollados. En algunas especies, los filamentos se estrechan hacia los extremos.

Las células son cilíndricas o en forma de barril, presentan vesículas de gas y son habitualmente más largas que anchas.

Los acinetos son elipsoidales o cilíndricos y se presentan habitualmente alejados de los heterocistos.

Su rasgo más característico es el desarrollo de heterocistos únicamente a partir de células terminales, por lo que, en caso de aparecer, los heterocistos siempre aparecen en posición terminal en el filamento. Los heterocistos son ovoides o cónicos y pueden aparecer tanto

únicamente en uno de los extremos como en ambos extremos. En ocasiones, se observan filamentos sin heterocistos que pueden confundirse con facilidad con especies del género *Raphidiopsis*.

**Toxinas producidas:** cilindropermopsinas, saxitoxinas, otras toxinas de naturaleza química desconocida (ver Saker et al, 2003).

**Especies planctónicas potencialmente tóxicas cuya producción de toxinas ha sido confirmada en al menos una cepa a nivel mundial** (con \* aquellas de las que se tienen referencias de su aparición en España):

*Cylindropermopsis raciborskii*\*

### Comentarios taxonómicos:

En 2009, la especie *Raphidiopsis mediterranea* fue identificada como una fase del ciclo vital de *Cylindropermopsis raciborskii*, lo que sugiere que podría tratarse de la misma especie. Ver, para más detalles, Moustaka-Gouni et al, 2009.

### Género *Cylindropermopsis*



*Cylindropermopsis raciborskii*  
Barra de escala = 10  $\mu$ m  
H: heterocisto

## GÉNERO RAPHIDIOPSIS

**Nombre completo:** *Raphidiopsis* Fritsch et Rich, 1929.

**Especie tipo:** *Raphidiopsis curvata* Fritsch et Rich, 1929.

**Descripción:** Filamentos solitarios, que pueden ser tanto rectos como curvados o enrollados, generalmente atenuados hacia ambos extremos, con células terminales cónicas, redondeadas y frecuentemente apuntadas.

La característica más distintiva de este género es la falta de heterocistos, siendo el único organismo del orden Nostocales en que se da este hecho.

Los acinetos se desarrollan en la parte central de los tricomas y pueden aparecer en solitario o formando hileras cortas.

**Toxinas producidas:** anatoxinas, cilindrospermopsinas, saxitoxinas.

**Especies planctónicas potencialmente tóxicas cuya producción de toxinas ha sido confirmada en al menos una cepa a nivel mundial** (con \* aquellas de las que se tienen referencias de su aparición en España):

*Raphidiopsis brookii*  
*Raphidiopsis curvata*\*  
*Raphidiopsis mediterranea*\*

### Comentarios taxonómicos:

En el momento de elaboración de este catálogo continúa en discusión si *Raphidiopsis* es un género claramente delimitado o sólo una fase del ciclo vital de *Cylindrospermopsis*, como sugieren varios autores (ver, para una revisión completa, Komárek, 2010). De hecho, la especie *Raphidiopsis mediterranea* fue identificada en 2009 como una fase del ciclo vital de *Cylindrospermopsis raciborskii*, lo que indica que podría tratarse de la misma especie. Ver, para más detalles, Moustaka-Gouni et al, 2009.

### Género *Raphidiopsis*



*Raphidiopsis mediterranea*  
Barra de escala = 10 µm

*Raphidiopsis curvata*  
Barra de escala = 10 µm



Descripciones:

Especies



**ORDEN CHROOCOCCALES: GÉNEROS COELOSPHAERIUM Y MICROCYSTIS**

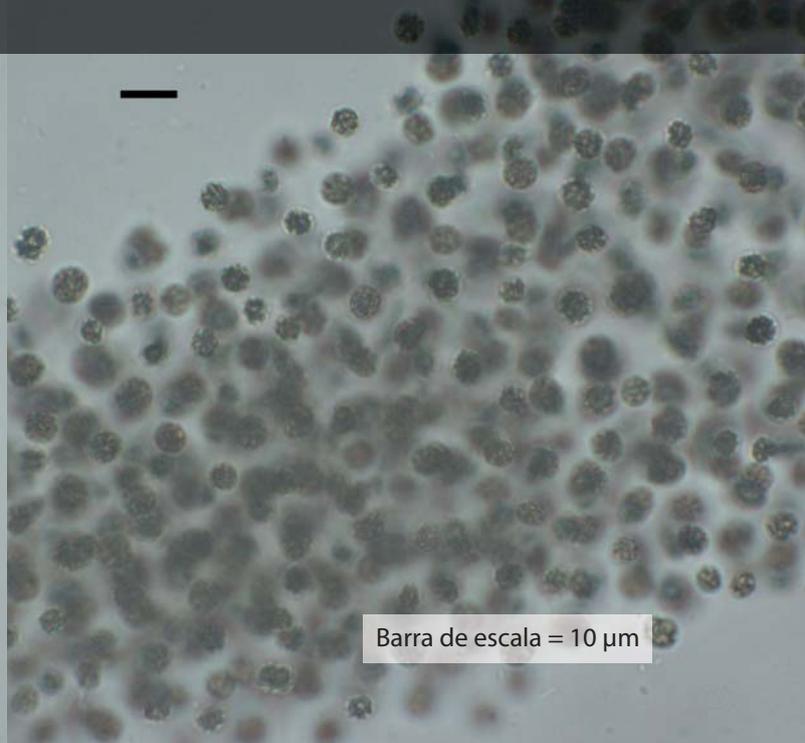
<b>ESPECIES</b>		<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Nägeli, 1849
<b>Colonias</b>		Microscópicas. Forma esférica u ovoide. Ocasionalmente con subcolonias.
<b>Mucílago</b>		Incoloro, indistinguible.
<b>Células vegetativas</b>	<b>Forma</b>	Esféricas o semiesféricas después de la división. Sin vesículas de gas.
	<b>Diámetro (rango) (µm)</b>	1,8-3
<b>Otras características</b>		División celular en dos planos.

<b>ESPECIES</b>	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, 1846	<i>Microcystis flos-aquae</i> (Wittrock) Kirchner, 1898	<i>Microcystis ichthyoblabe</i> Kützing, 1843
<b>Colonias</b>	Microscópicas, frecuentemente macroscópicas. Marcada tridimensionalidad. Forma irregular, clatrada. Borde irregular.	Microscópicas, raramente macroscópicas. Esféricas o algo irregulares. Nunca clatradas (salvo en colonias muy maduras). Borde regular.	Microscópicas. Esféricas o elipsoidales. Frecuentemente compuestas por subcolonias.
<b>Mucílago</b>	Difluente, en ocasiones distinguible al microscopio.	Difluente, muy estrecho, indistinguible, muy cercano al borde celular.	Difluente, ancho.
<b>Células vegetativas</b>	<b>Forma</b>	Esféricas; ligeramente elongadas tras la división. Con vesículas de gas.	Esféricas, con vesículas de gas.
	<b>Diámetro (rango) (µm)</b>	4-6	3,5-4,8
<b>Otras características</b>	Especie altamente polimórfica. En España, frecuentemente asociada a <i>Pseudanabaena mucicola</i> viviendo en el mucílago de <i>Microcystis</i> .	Células muy densamente agregadas. Pueden formarse subcolonias.	-

*Microcystis aeruginosa*

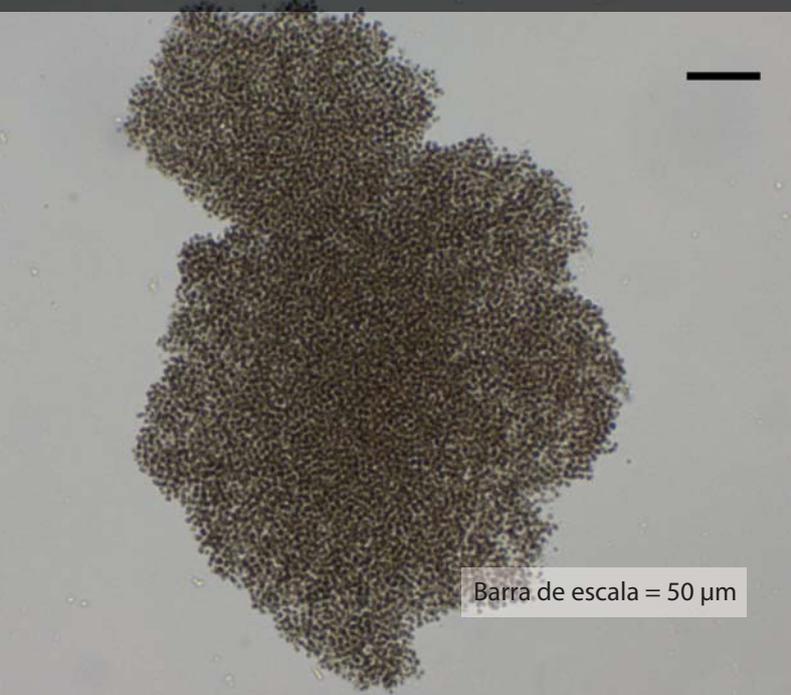


Barra de escala = 100 μm

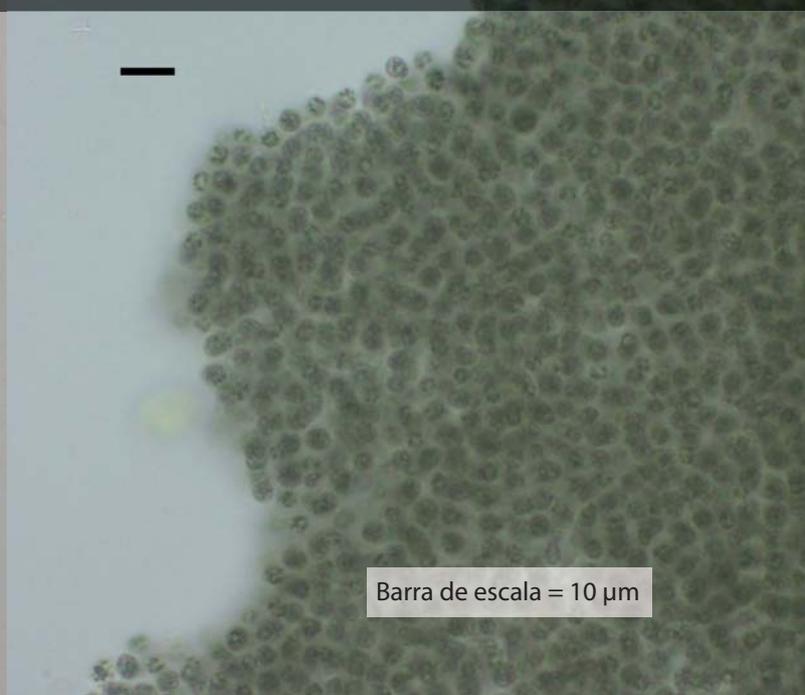


Barra de escala = 10 μm

*Microcystis flos-aquae*



Barra de escala = 50 μm

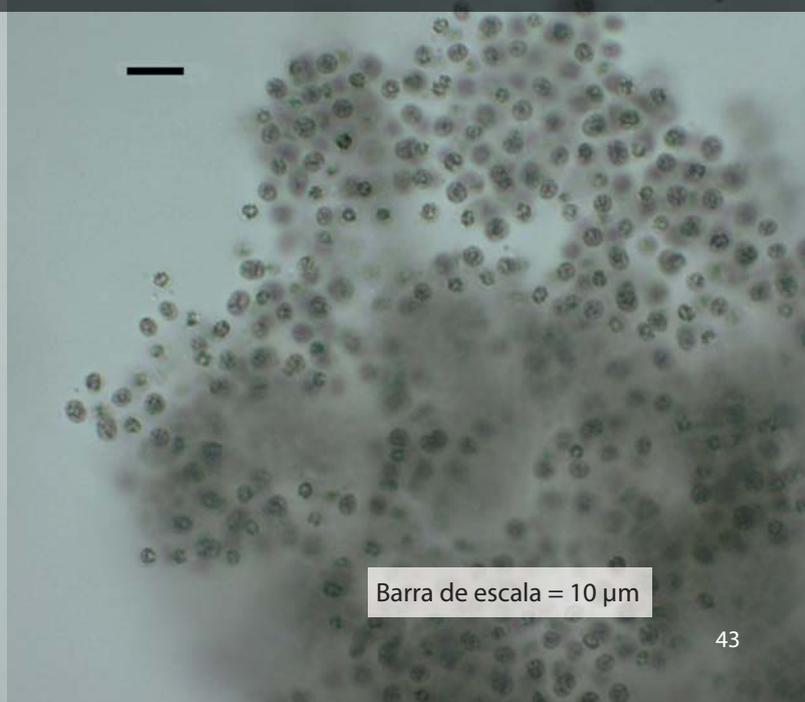


Barra de escala = 10 μm

*Microcystis ichthyoblabe*



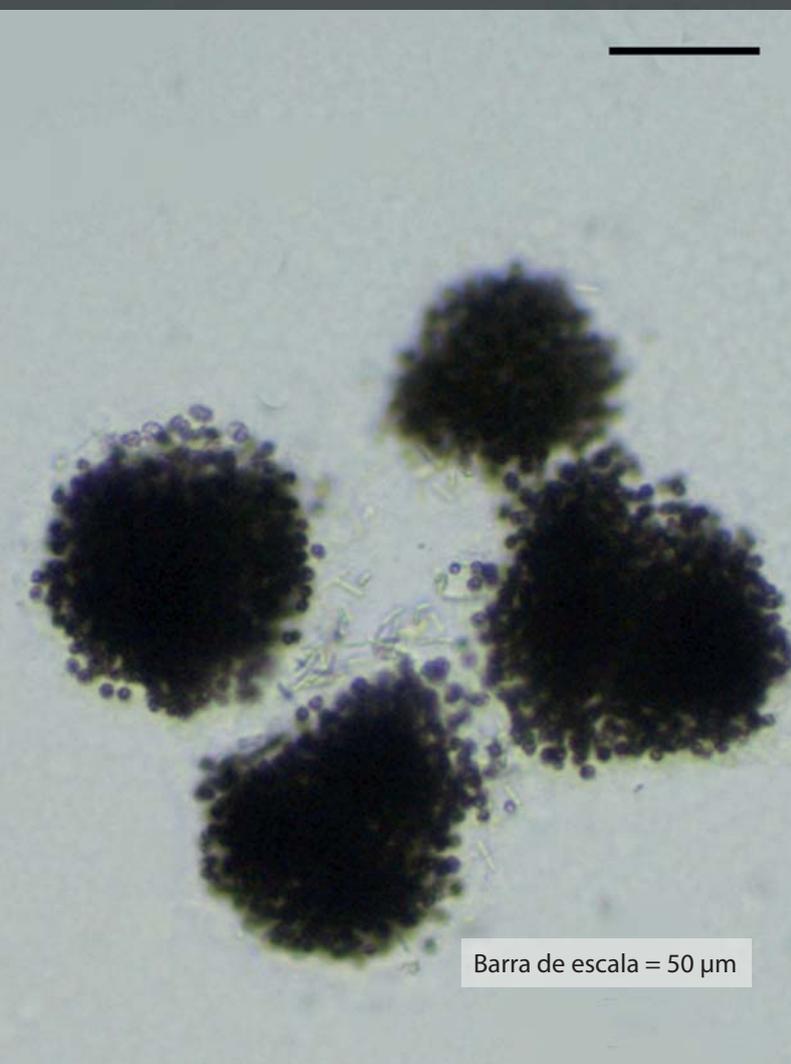
Barra de escala = 50 μm



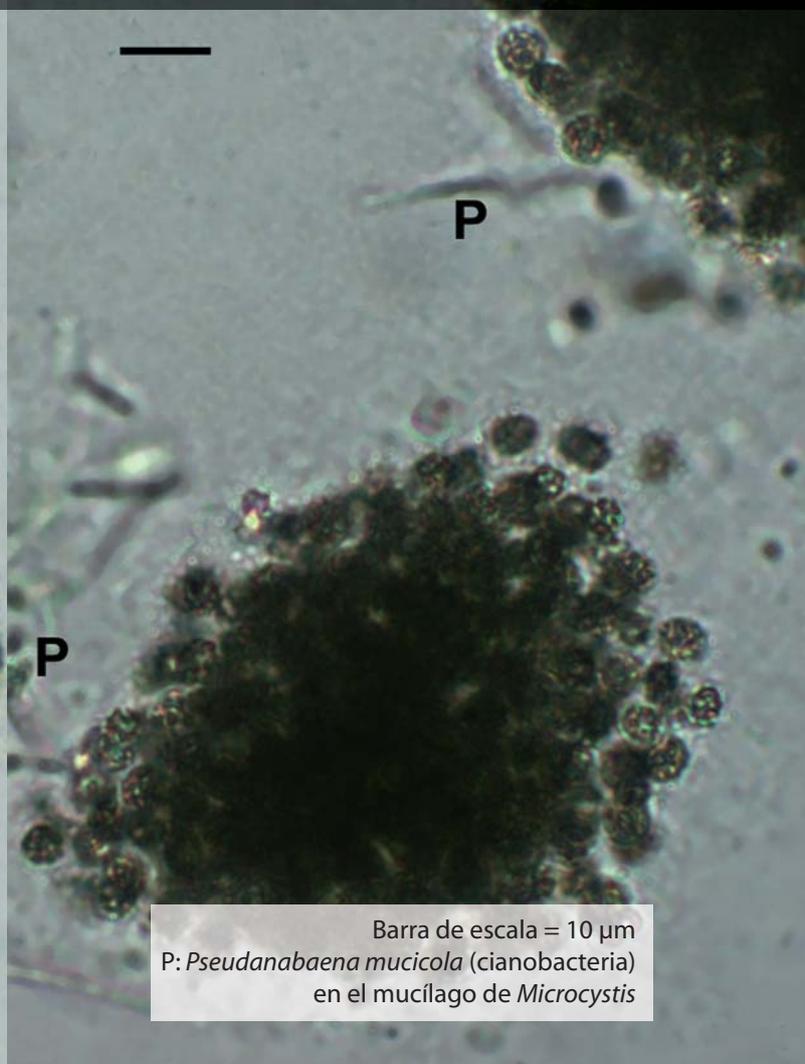
Barra de escala = 10 μm

## ORDEN CHROOCOCCALES: GÉNERO MICROCYSTIS

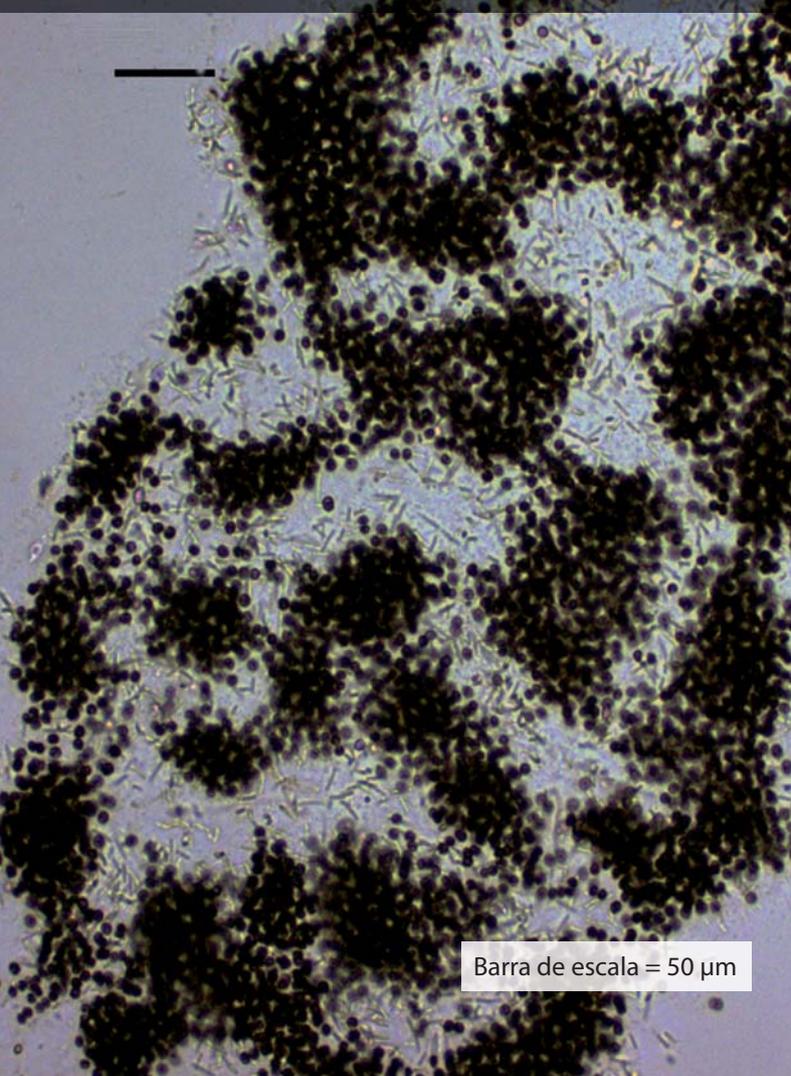
<b>ESPECIES</b>		<b><i>Microcystis novacekii</i></b> (Komárek) Compere ex Komárek, 1974	<b><i>Microcystis viridis</i></b> (A. Braun in Rabenhorst) Lemmermann, 1903
<b>Colonias</b>		Microscópicas, pueden llegar a macroscópicas. Compuestas por subcolonias formadas por grupos de células densamente agregadas con células solitarias en torno a ellos.	Microscópicas. Claramente tridimensionales. Forma redondeada o cúbica. Compuestas por subcolonias con forma de paquetes de células muy densamente agregadas.
<b>Mucílago</b>		Incoloro o en ocasiones ligeramente amarillento. Ancho y claramente separado de las células.	Estrecho y cercano al borde de las células. Borde ligeramente refringente.
<b>Células vegetativas</b>	<b>Forma</b>	Esféricas, con vesículas de gas.	Esféricas, con vesículas de gas.
	<b>Diámetro (rango) (µm)</b>	3-5,5	3,5-7
<b>Otras características</b>		-	-



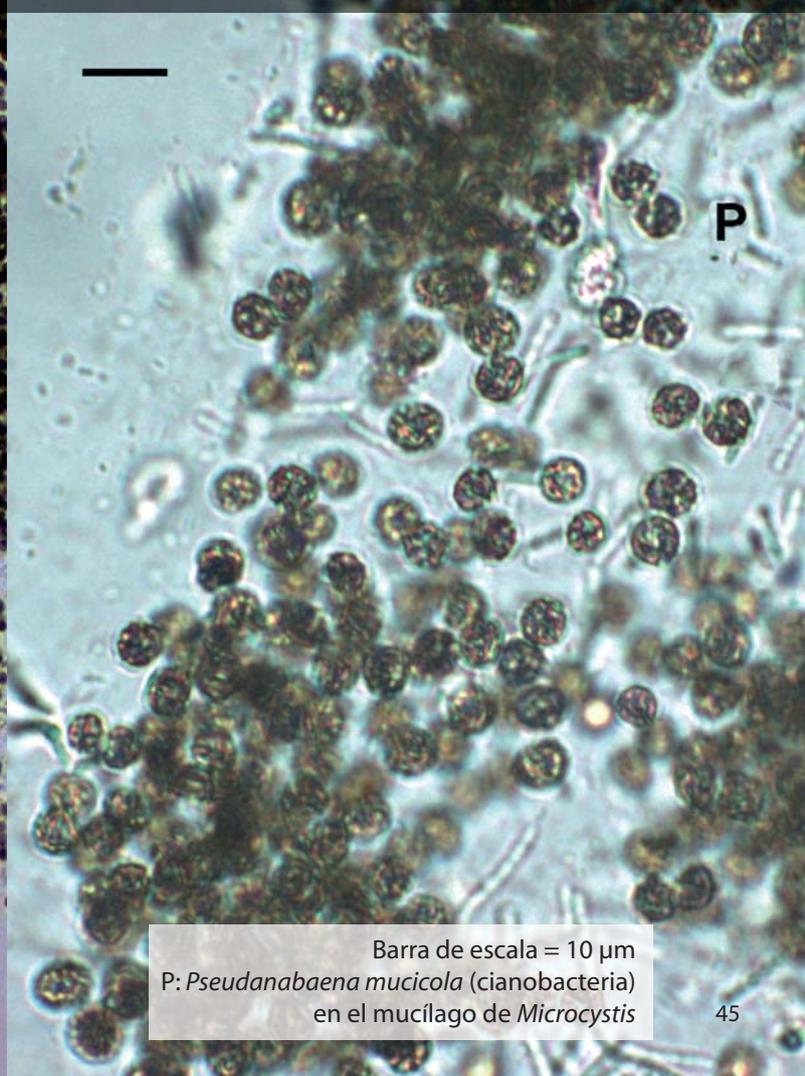
Barra de escala = 50  $\mu$ m



Barra de escala = 10  $\mu$ m  
P: *Pseudanabaena mucicola* (cianobacteria)  
en el mucílago de *Microcystis*



Barra de escala = 50  $\mu$ m

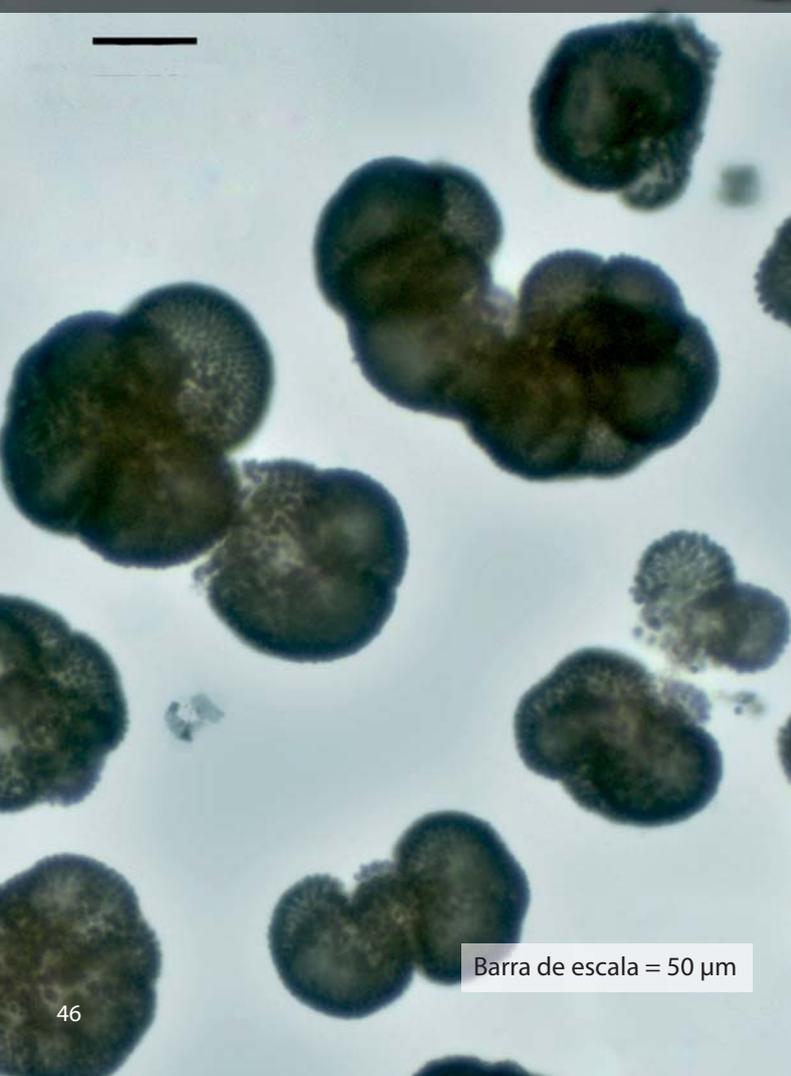


Barra de escala = 10  $\mu$ m  
P: *Pseudanabaena mucicola* (cianobacteria)  
en el mucílago de *Microcystis*

## ORDEN CHROOCOCCALES: GÉNERO WORONICHINIA

<b>ESPECIES</b>		<b><i>Woronichinia naegeliana</i></b> (Unger) Elenkin, 1933
<b>Colonias</b>		Microscópicas. Esféricas o elipsoidales, muy habitualmente en forma arriñonada característica. En ocasiones compuestas por subcolonias. Células más densamente agregadas en la periferia de la colonia.
<b>Mucílago</b>		Generalmente, fácil de distinguir al microscopio. Radialmente lamelado. Frecuentemente presenta bacterias asociadas fácilmente visibles.
<b>Células vegetativas</b>	<b>Forma</b>	Ovoidales o elipsoidales (lo que facilita distinguirlas de <i>Microcystis</i> ).
	<b>Diámetro (rango) (µm)</b>	Ancho: 2,5-3,5 Largo: 5-7
<b>Otras características</b>		Suelen presentar un sistema de pedúnculos que se ramifican desde el centro de la colonia. Reproducción mediante liberación de células solitarias desde las colonias, fáciles de observar.

*Woronichinia naegeliana*



Barra de escala = 50 µm



Barra de escala = 10 µm

ORDEN OSCILLATORIALES: GÉNERO LIMNOTHRIX

<b>ESPECIES</b>		<i>Limnothrix redekei</i> (Van Goor) Meffert, 1988
<b>Tricomas</b>		Rectos o ligeramente curvados. Sin constricciones entre células.
<b>Célula vegetativa</b>	<b>Forma</b>	Cilíndricas, claramente elongadas. Grandes aerotopos (grupos de vesículas de gas) cercanos a las paredes de la célula.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	1,2-2,5
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	6-14 De 2 a 7 veces más largas que anchas
<b>Célula terminal</b>		Redondeada. Sin caliptra.
<b>Otras características</b>		-

*Limnothrix redekei*



Barra de escala = 10 µm  
Fuente: Frantisek Hindák

**ORDEN OSCILLATORIALES: GÉNERO PLANKTOTHRIX**

ESPECIES		<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis et Komárek, 1988	<i>Planktothrix isothrix</i> (Skuja) Komárek et Komárková, 2004	<i>Planktothrix rubescens</i> (de Candolle ex Gomont) Anagnostidis et Komárek, 1988
Tricomas		Rectos o ligeramente curvados. Sin vainas o, facultativamente, con vainas muy finas. Generalmente isodiamétricos o con ligero apuntamiento.	Rectos o ligeramente curvados. Habitualmente muy largos (hasta 3,5 mm).	Rectos o ligeramente curvados. Sin vainas. Color rojizo característico. Gradualmente atenuados hacia los extremos.
Célula vegetativa	Forma	Habitualmente más cortas que anchas, aunque pueden llegar a ser hasta 2 veces más largas que anchas antes de la división. Sin constricciones. Con vesículas de gas distribuidas por todo el volumen celular.	Ligeramente más cortas que anchas. Con vesículas de gas.	Ligeramente más cortas o ligeramente más largas que anchas. Con numerosas vesículas de gas.
	Ancho (rango) (µm)	2,3-9,8 (habitualmente de 3 a 6)	5,5-10	3,9-9,4
	Largo (rango) (µm)	-	2-5,5	2-5
Célula terminal		Convexa, en ocasiones apuntada. Frecuentemente con caliptra.	Cilíndrica, redondeada, sin caliptra ni pared celular engrosada.	Redondeada y apuntada, con caliptra convexa.
Otras características		Sin movimiento propio o con movilidad muy escasa.	Ligeramente móviles, con una oscilación característica. Color parduzco característico.	Hábitats muy característicos: en el metalimnion de cuerpos de agua oligo-mesotróficos y aflorando en superficie de forma súbita.



Barra de escala = 10  $\mu$ m



Imagen obtenida con interferencia diferencial de Nomarski. Barra de escala = 25  $\mu$ m



Barra de escala = 10  $\mu$ m

## ORDEN NOSTOCALES: GÉNERO ANABAENA (TRICOMAS RECTOS)

ESPECIES		<i>Anabaena affinis</i> Lemmermann, 1897	<i>Anabaena bergii</i> Ostenfeld, 1908
Tricomas		Rectos o ligeramente curvados. Filamentos paralelos agrupados en haces característicos.	Rectos o muy ligeramente curvados. Solitarios. Sin mucílago. Apuntados hacia el extremo.
Célula vegetativa	Forma	Desde subsféricas hasta en forma de barril.	En forma de barril. Con vesículas de gas.
	Ancho (rango) (µm)	3-8	4-8
	Largo (rango) (µm)	2,5-10	4-5
Heterocisto	Forma	Esféricos.	Esféricos, ligeramente comprimidos.
	Ancho (rango) (µm)	5-8,5	6-7
	Largo (rango) (µm)	5-7,5	5-6
Acineto	Forma y posición	Desde en forma de barril a esféricos u ovals. Distantes de los heterocistos. Solitarios o en parejas.	De esféricos a ovals. Distantes de los heterocistos.
	Ancho (rango) (µm)	9,2-13	10-14
	Largo (rango) (µm)	11-30	13-32
Otras características			Célula terminal en forma de flecha (principal característica de la especie).

*Anabaena affinis*



Barra de escala = 25  $\mu\text{m}$   
Fuente: Frantisek Hindák

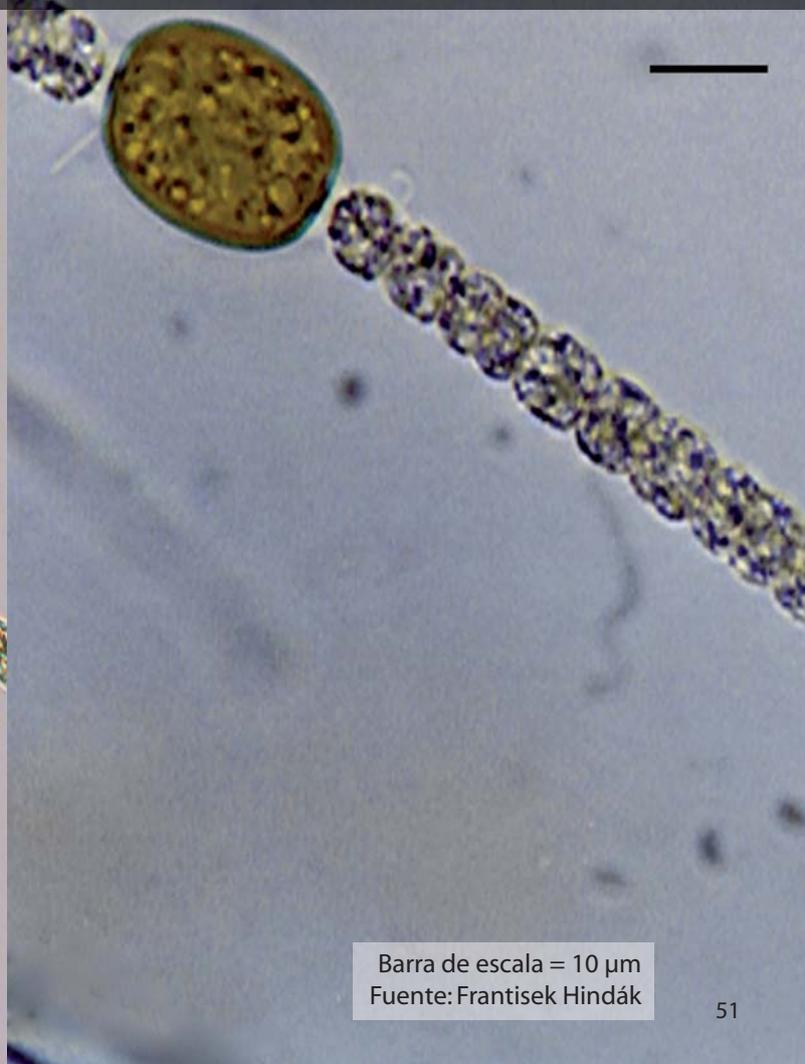


Barra de escala = 10  $\mu\text{m}$   
Fuente: Frantisek Hindák

*Anabaena bergii*



Barra de escala = 50  $\mu\text{m}$   
Fuente: Andreas Ballot



Barra de escala = 10  $\mu\text{m}$   
Fuente: Frantisek Hindák

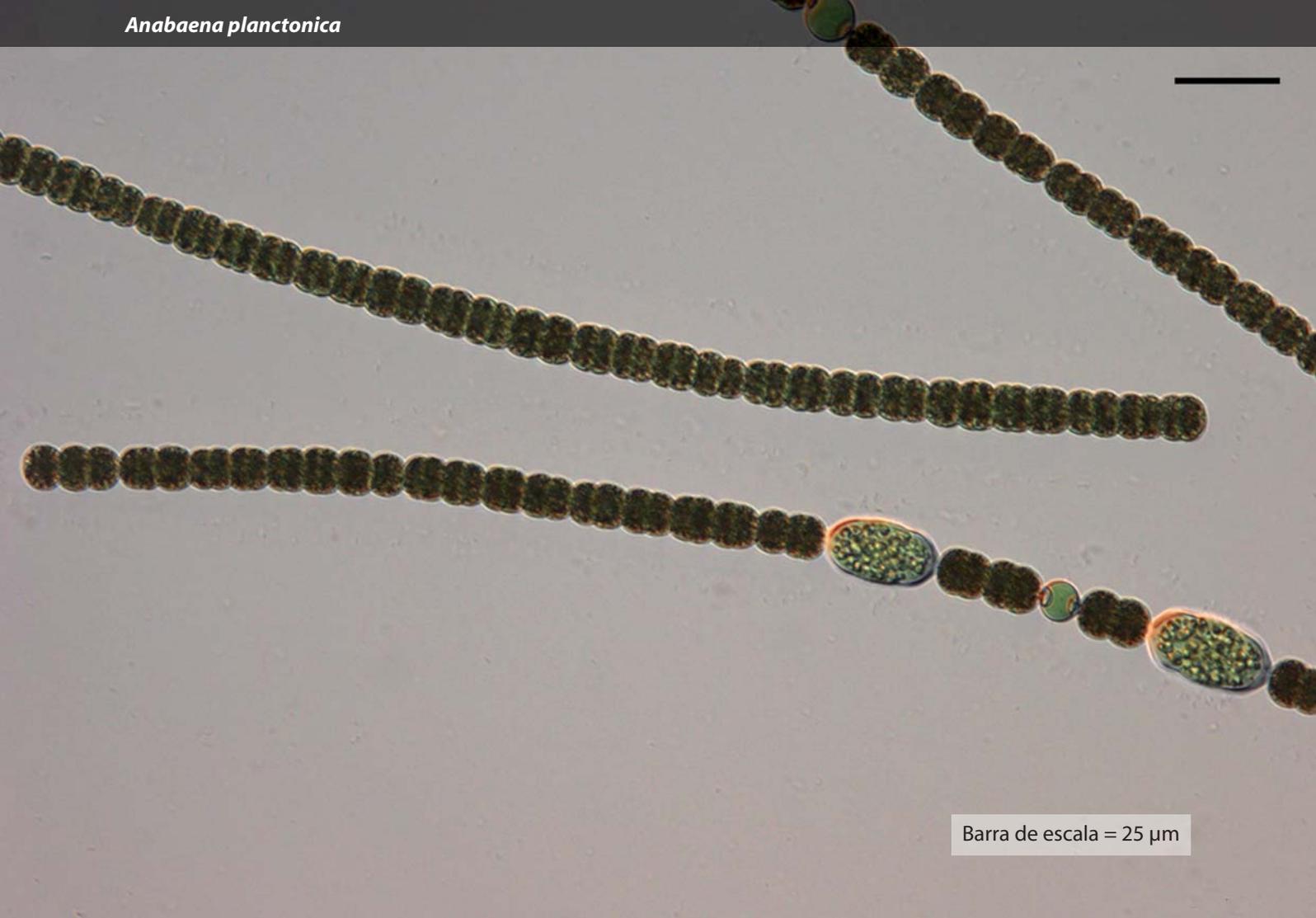
## ORDEN NOSTOCALES: GÉNERO ANABAENA (TRICOMAS RECTOS)

ESPECIES		<i>Anabaena cylindrica</i> Lemmermann, 1896	<i>Anabaena macrospora</i> Klebahn, 1895
<b>Tricomas</b>		Rectos. A menudo agregados en grupos similares a colonias.	Rectos o ligeramente curvados. Con extremos ligeramente cónicos.
<b>Célula vegetativa</b>	<b>Forma</b>	Subesféricas a elipsoidales. Con vesículas de gas.	Desde subesféricas a en forma de barril o con una característica forma de limón. Con vesículas de gas.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	3-4	5-8
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	3-5	5-10
<b>Heterocisto</b>	<b>Forma</b>	-	Esférico o elipsoidal.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	4,5-5,5	6-16
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	6-8	-
<b>Acineto</b>	<b>Forma y posición</b>	Cilíndrico. Pegado al heterocisto.	Elipsoidales, con bordes redondeados. Distantes de los heterocistos. Solitarios o en pares.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	5	11-21
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	16-30	17-35
<b>Otras características</b>		-	-



**ORDEN NOSTOCALES: GÉNERO ANABAENA (TRICOMAS RECTOS)**

ESPECIES		<i>Anabaena planctonica</i> Brunnthaler, 1903	<i>Anabaena solitaria</i> Klebahn, 1895
Tricomas		Rectos, solitarios. Rodeados de un mucílago ancho.	Rectos, solitarios. Envueltos en una vaina gruesa.
Célula vegetativa	Forma	Desde esféricas hasta en forma de barril. Más cortas que anchas. Con vesículas de gas.	Desde esféricas a elipsoidales. Con vesículas de gas.
	Ancho (rango) (µm)	9-15	6,5-12
	Largo (rango) (µm)	Hasta 10	6,5-10
Heterocisto	Forma	Esféricos.	Desde esféricos hasta en forma de limón. Tamaño similar al de las células vegetativas.
	Ancho (rango) (µm)	Similar al de las células vegetativas.	-
	Largo (rango) (µm)	-	-
Acineto	Forma y posición	Desde ovals a cilíndricos. Con bordes redondeados, cónicos o en ocasiones hexagonales.	Cilíndricos, alargados. Más anchos que el filamento.
	Ancho (rango) (µm)	10-20	10-16
	Largo (rango) (µm)	15-30	20-45
Otras características		-	-



**ORDEN NOSTOCALES: GÉNERO ANABAENA (TRICOMAS ENROLLADOS)**

ESPECIES		<i>Anabaena circinalis</i> Rabenhorst ex Bornet et Flahault, 1888	<i>Anabaena crassa</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová et Cronberg, 1992
Tricomas		Enrollados en espirales de 1,5-3-5 vueltas. Los anillos tienen de 60 a 120 µm de anchura.	Enrollados en espirales regulares, de 40 a 70 µm de diámetro. Mucílago de hasta 20 µm de anchura.
Célula vegetativa	Forma	Desde en forma de barril a esféricas. Con vesículas de gas.	Desde en forma de barril a esféricas. Con vesículas de gas.
	Ancho (rango) (µm)	8-11	9-15
	Largo (rango) (µm)	7-9	Ligeramente más cortas que anchas.
Heterocisto	Forma	Esféricos.	Esféricos.
	Ancho (rango) (µm)	Ancho similar al de las células vegetativas.	10-17
	Largo (rango) (µm)	-	-
Acineto	Forma y posición	De ovalados a subcilíndricos, en ocasiones con extremos cónicos. Distantes de los heterocistos.	Elipsoidales ensanchados. Distantes de los heterocistos. En ocasiones, en pares.
	Ancho (rango) (µm)	15-21	13-25
	Largo (rango) (µm)	20-28	15-42
Otras características		-	-

*Anabaena circinalis*



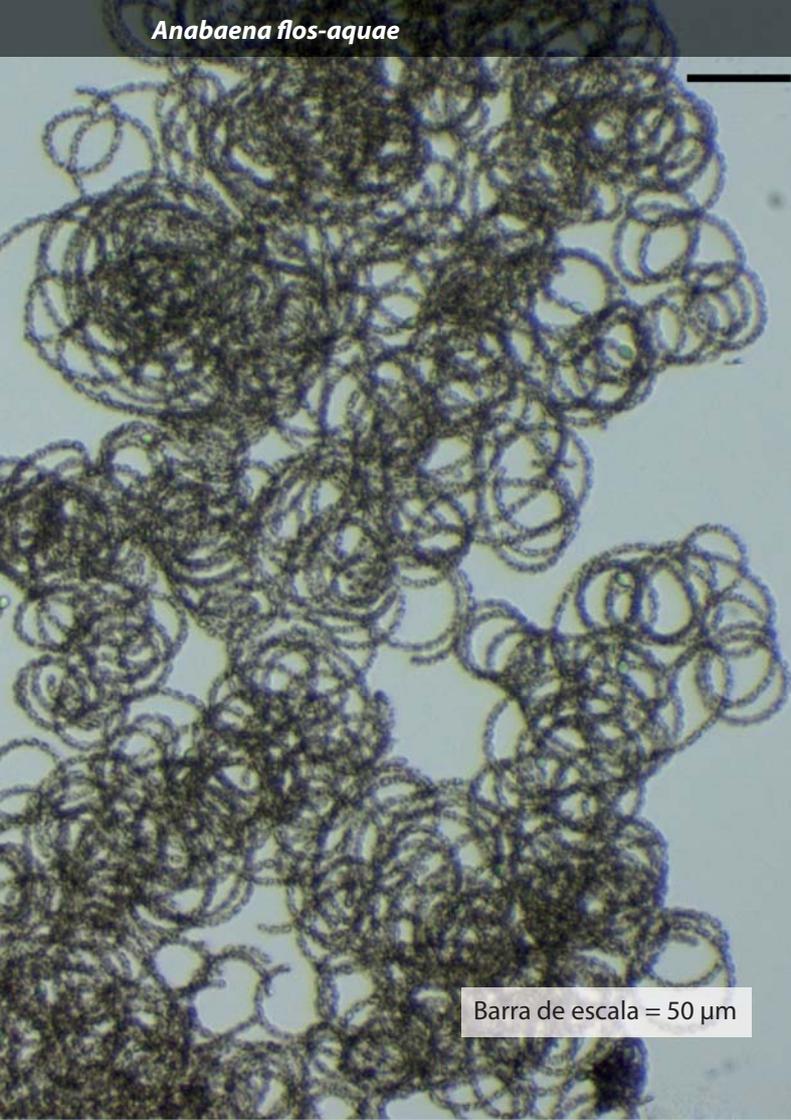
*Anabaena crassa*



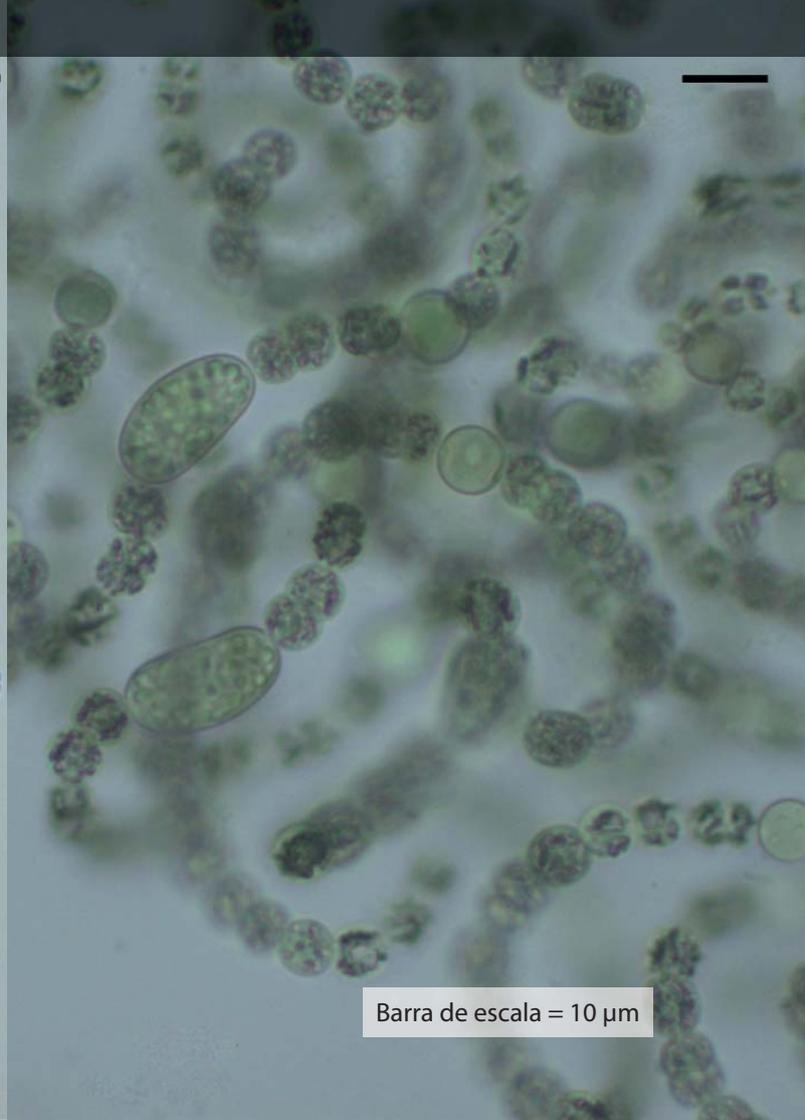
**ORDEN NOSTOCALES: GÉNERO ANABAENA (TRICOMAS ENROLLADOS)**

ESPECIES		<i>Anabaena flos-aquae</i> Brébisson ex Bornet et Flahault, 1888	<i>Anabaena mendotae</i> Trelease, 1889
Tricomas		Enrollados irregularmente, con espirales de diferente anchura en un mismo grupo. Frecuentemente formando grupos "en forma de ovillo", en ocasiones macroscópicos.	Enrollados irregularmente formando anillos anchos.
Célula vegetativa	Forma	Esféricas. Con vesículas de gas.	Cilíndricas. Ligeramente redondeadas en los bordes. Con vesículas de gas.
	Ancho (rango) (µm)	3,5-7	2,5-4,5
	Largo (rango) (µm)	-	3-11
Heterocisto	Forma	Ovalados.	Elipsoidales.
	Ancho (rango) (µm)	5-6	4,4-7
	Largo (rango) (µm)	-	-
Acineto	Forma y posición	Desde ovals a cilíndricos, frecuentemente en forma arriñonada. Es común encontrar 2-3 acinetos en hilera. Distantes de los heterocistos.	Cilíndricos, elongados. En ocasiones ligeramente curvados siguiendo la forma del filamento. Distantes de los heterocistos.
	Ancho (rango) (µm)	7-14	4-8
	Largo (rango) (µm)	15-35	16-30
Otras características		-	-

*Anabaena flos-aquae*

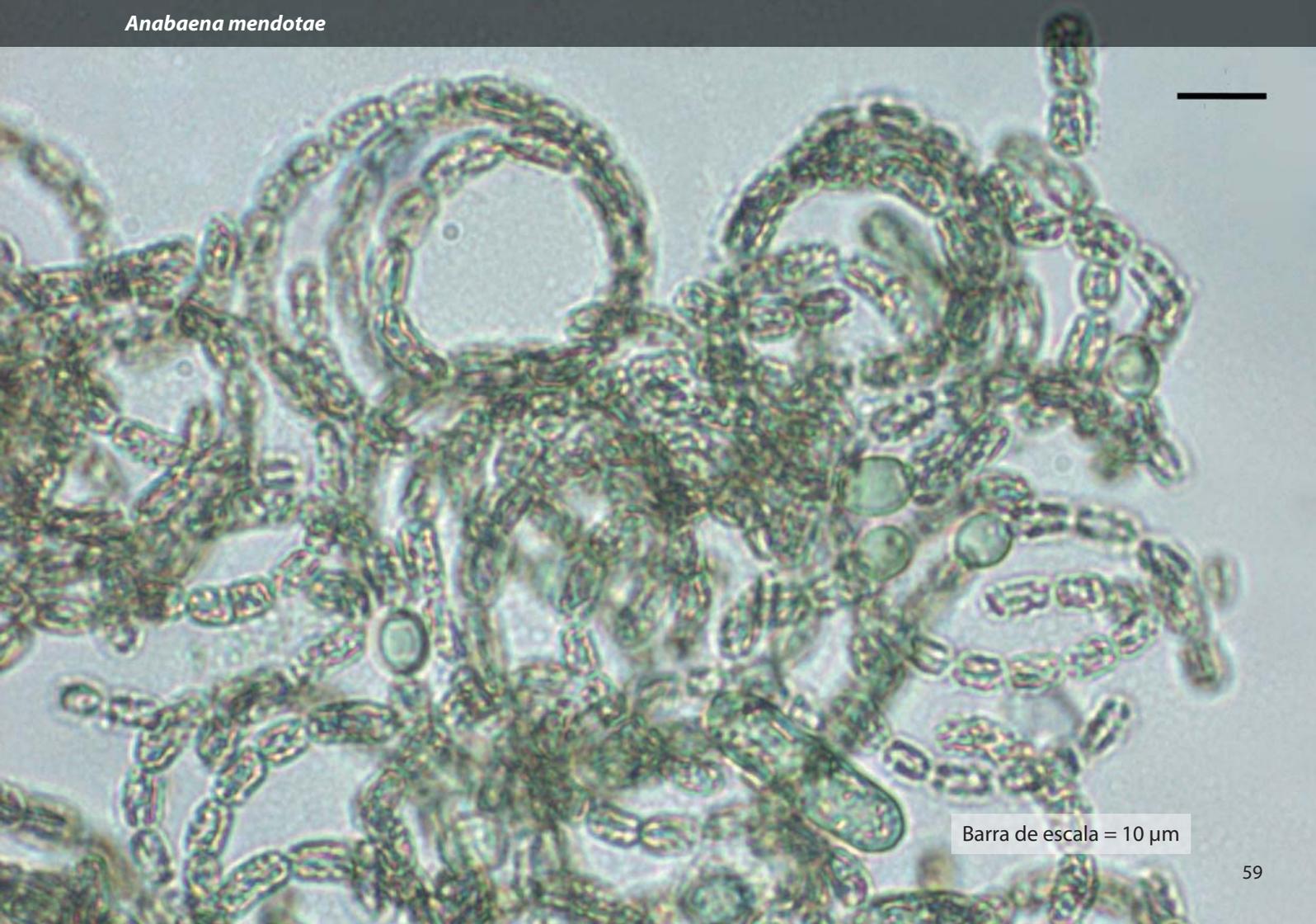


Barra de escala = 50  $\mu\text{m}$



Barra de escala = 10  $\mu\text{m}$

*Anabaena mendotae*



Barra de escala = 10  $\mu\text{m}$

**ORDEN NOSTOCALES: GÉNERO ANABAENA (TRICOMAS ENROLLADOS)**

ESPECIES		<i>Anabaena lemmermannii</i> Richter in Lemmermann, 1903	<i>Anabaena perturbata</i> Hill, 1976
Tricomas		Enrollados irregularmente. Solitarios o formando grandes grupos.	Enrollados.
Célula vegetativa	Forma	Desde en forma de barril a esféricas. Con vesículas de gas.	Esféricas.
	Ancho (rango) (µm)	3,5-7	7-9
	Largo (rango) (µm)	3-8	-
Heterocisto	Forma	Esféricos u ovalados.	-
	Ancho (rango) (µm)	4-6	-
	Largo (rango) (µm)	4,5-6,2	-
Acineto	Forma y posición	Alargados, ligeramente curvados, con extremos redondeados. Posición característica, a ambos lados de un heterocisto.	En forma de riñón. Solitarios o formando hileras de hasta 4 acinetos. Distantes de los heterocistos.
	Ancho (rango) (µm)	6-9	11-12
	Largo (rango) (µm)	11-22	13-18
Otras características		-	-



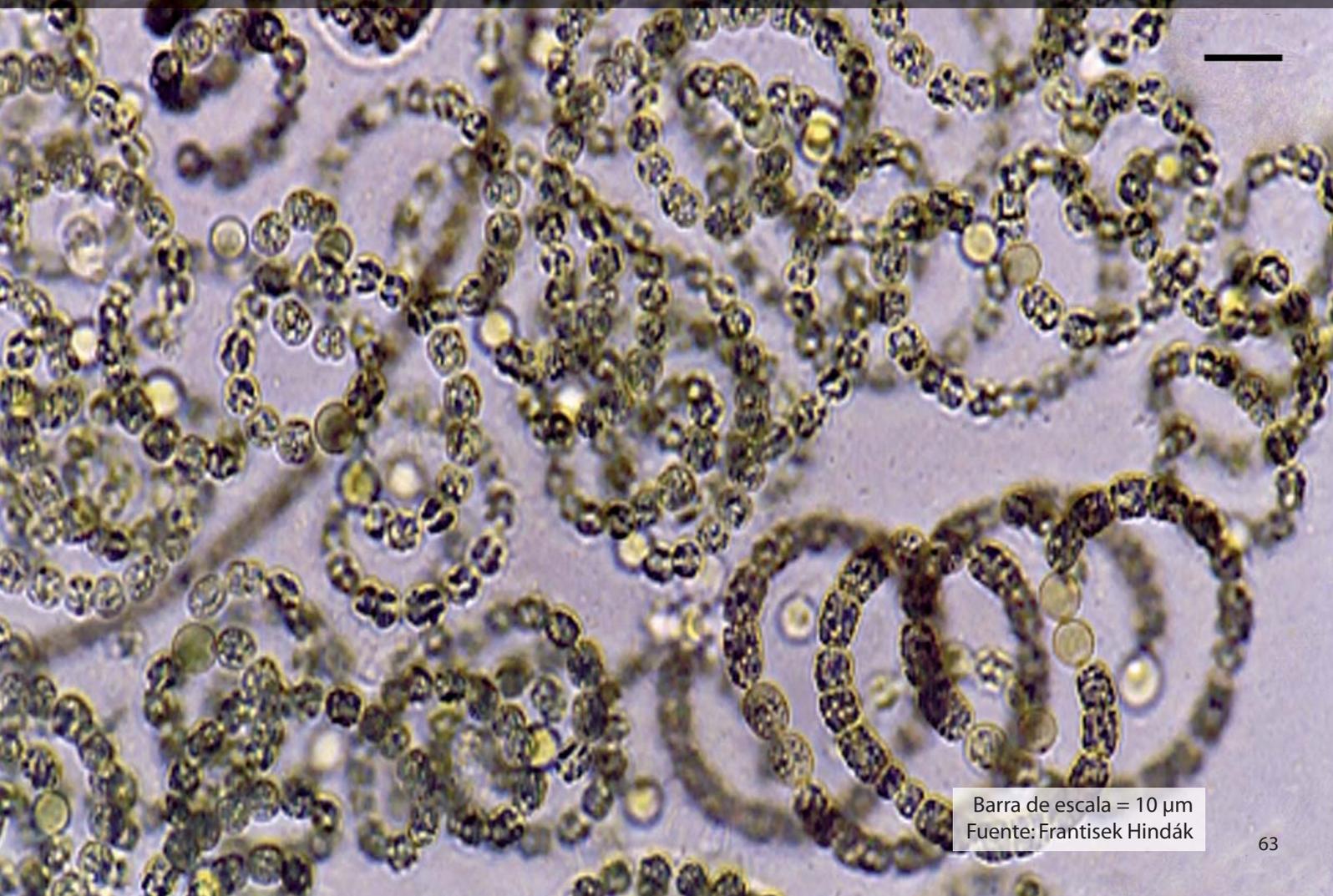
Barra de escala = 10  $\mu$ m  
Fuente: Andreas Ballot

## ORDEN NOSTOCALES: GÉNERO ANABAENOPSIS

ESPECIES		<i>Anabaenopsis elenkinii</i> Miller, 1923	<i>Anabaenopsis milleri</i> Voronichin, 1929
<b>Tricomas</b>		Solitarios Enrollados en espirales irregulares de 0,5 a 2,5 vueltas.	Solitarios. Enrollados en espirales irregulares de hasta 6-7 vueltas.
<b>Célula vegetativa</b>	<b>Forma</b>	Elipsoidales, de 1,2 a 4 veces más largas que anchas. Con vesículas de gas.	En forma de barril. Con vesículas de gas.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	4-6	4-8
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	4-9	4,6-8,8
<b>Heterocisto</b>	<b>Forma</b>	Esféricos. En posición terminal.	Esféricos u ovoides.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	3-7	4-8
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	-	4,6-8,8
<b>Acineto</b>	<b>Forma</b>	Esféricos a elipsoidales. Solitarios, raramente en parejas.	Esféricos o ligeramente más largos que anchos. Solitarios o en parejas.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	9,3-15	6-9,6
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	8-12	8-12
<b>Célula terminal</b>		Heterocisto en posición terminal.	Heterocisto en posición terminal.
<b>Otras características</b>		Preferentemente en aguas salinas o salobres.	Preferentemente en aguas salinas o salobres.



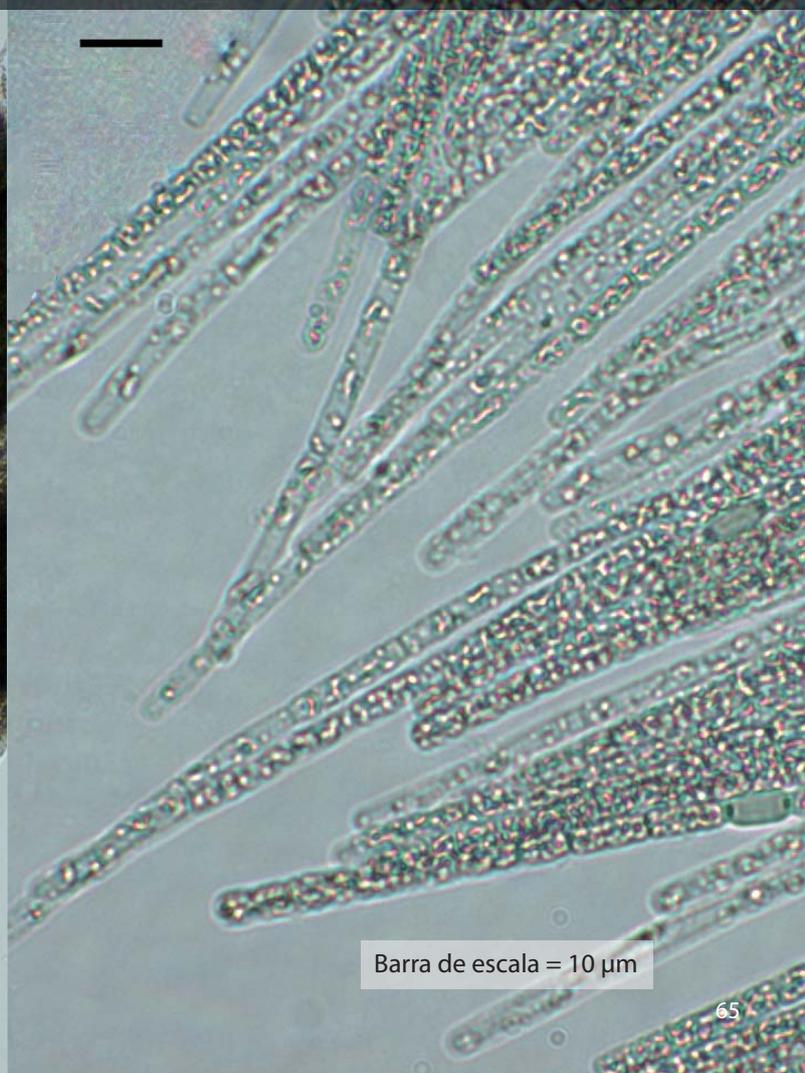
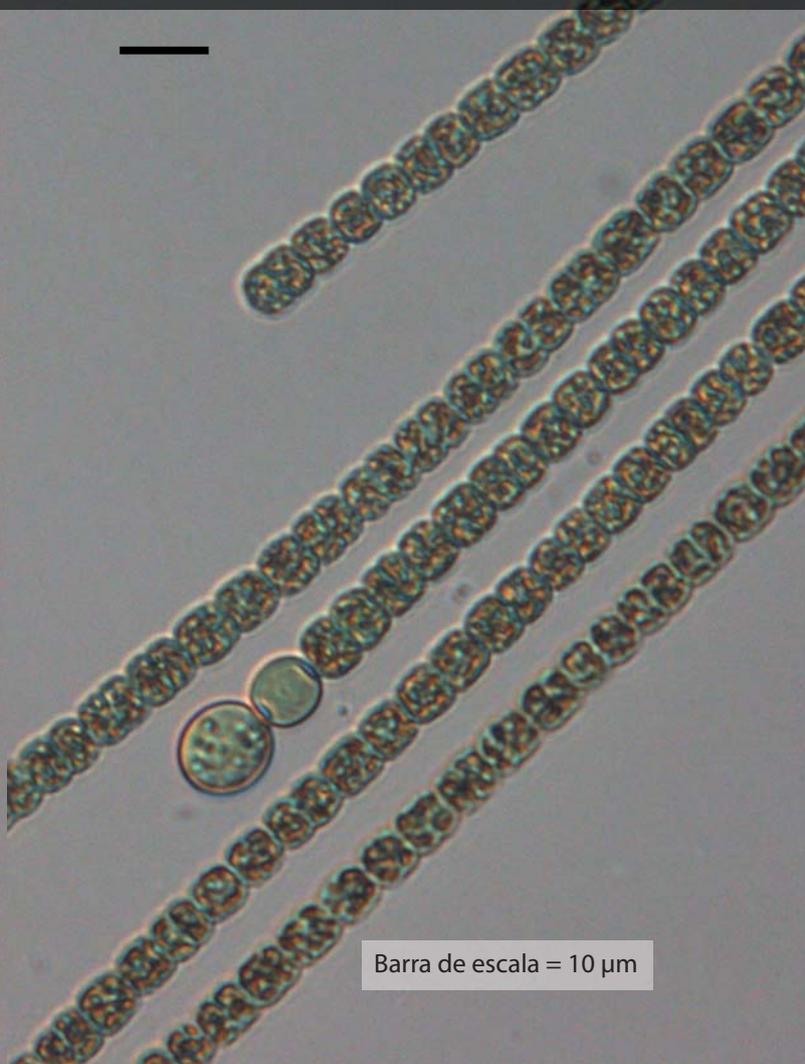
Barra de escala = 10  $\mu$ m  
Fuente: Andreas Ballot



Barra de escala = 10  $\mu$ m  
Fuente: Frantisek Hindák

**ORDEN NOSTOCALES: GÉNERO APHANIZOMENON**

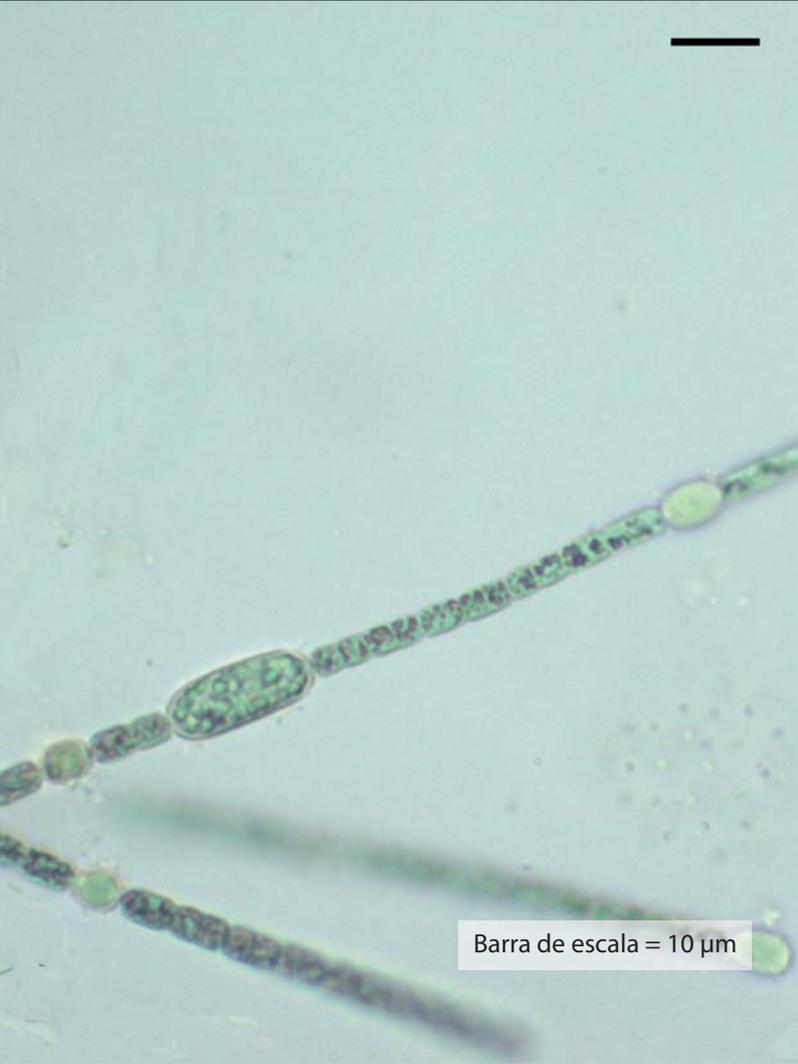
ESPECIES		<i>Aphanizomenon aphanizomenoides</i> (Forti) Horecká et Komárek, 1979	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet et Flahault, 1888
<b>Tricomas</b>		Solitarios. Rectos o ligeramente curvados.	Solitarios. Rectos, generalmente agrupados en "fascículos".
<b>Célula vegetativa</b>	<b>Forma</b>	Desde forma de barril a cilíndricas. Con vesículas de gas. De 1 a 3 veces más largas que anchas.	Cilíndricas. Con vesículas de gas.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	3-5	4-7
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	2,5-6	5-14
<b>Heterocisto</b>	<b>Forma</b>	Desde esféricos a ovales.	Cilíndricos a elipsoidales. Intercalares.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	4-7,5	5-6,4
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	4-8	10-14
<b>Acineto</b>	<b>Forma y posición</b>	Esféricos o subsféricos. Contiguos a los heterocistos.	Cilíndricos. Muy largos. Distantes de los heterocistos.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	8-14	6-10
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	8-12	40-80
<b>Célula terminal</b>		Redondeada. Aspecto similar al de las células vegetativas, aunque en ocasiones es ligeramente más estrecha que éstas.	Hialina. Muy elongada, con anchura similar a la de las células vegetativas. Borde redondeado. Contenido citoplasmático formando hilos.
<b>Otras características</b>		Es habitual encontrar filamentos rotos en los que el acineto queda en posición terminal.	La formación de acinetos es muy poco frecuente en las poblaciones de campo.



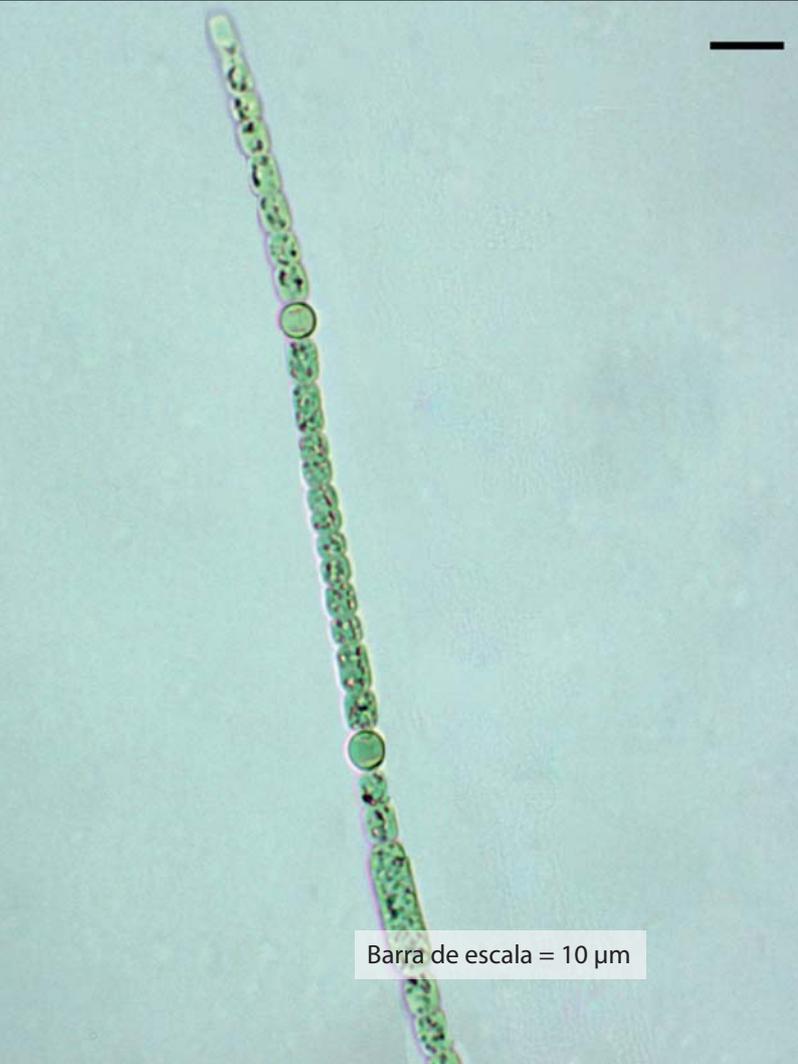
## ORDEN NOSTOCALES: GÉNERO APHANIZOMENON

ESPECIES		<i>Aphanizomenon gracile</i> (Lemmermann) Lemmermann, 1907	<i>Aphanizomenon issatschenkoii</i> (Ussach.) ex Proskina-Lavrenko, 1962
Tricomas		Solitarios. Rectos, con ligeras constricciones entre células.	Solitarios. Rectos, sin constricciones entre células o muy ligeramente constreñidos.
Célula vegetativa	Forma	Desde en forma de barril a cilíndricas, generalmente elongadas. Con vesículas de gas.	Cilíndricas. Con vacuolas de gas.
	Ancho (rango) (µm)	1,5-3	2-4
	Largo (rango) (µm)	2-10 (muy variable)	6-10
Heterocisto	Forma	Ovales a cilíndricos.	Cilíndricos.
	Ancho (rango) (µm)	3-5	2-6
	Largo (rango) (µm)	4-8	5-10
Acineto	Forma y posición	Cilíndricos. Claramente alargados. Generalmente distantes de los heterocistos.	Cilíndricos. En ocasiones formando hileras de 2-3 acinetos. Distantes de los heterocistos.
	Ancho (rango) (µm)	4-6	3-7
	Largo (rango) (µm)	8-30	9-20
Célula terminal		Ligeramente más estrechas que las células vegetativas.	Incoloras. Muy apuntadas, adquiriendo en ocasiones una apariencia de "pelo" terminal. Principal característica diacrítica de la especie.
Otras características		-	-

*Aphanizomenon gracile*



Barra de escala = 10  $\mu\text{m}$

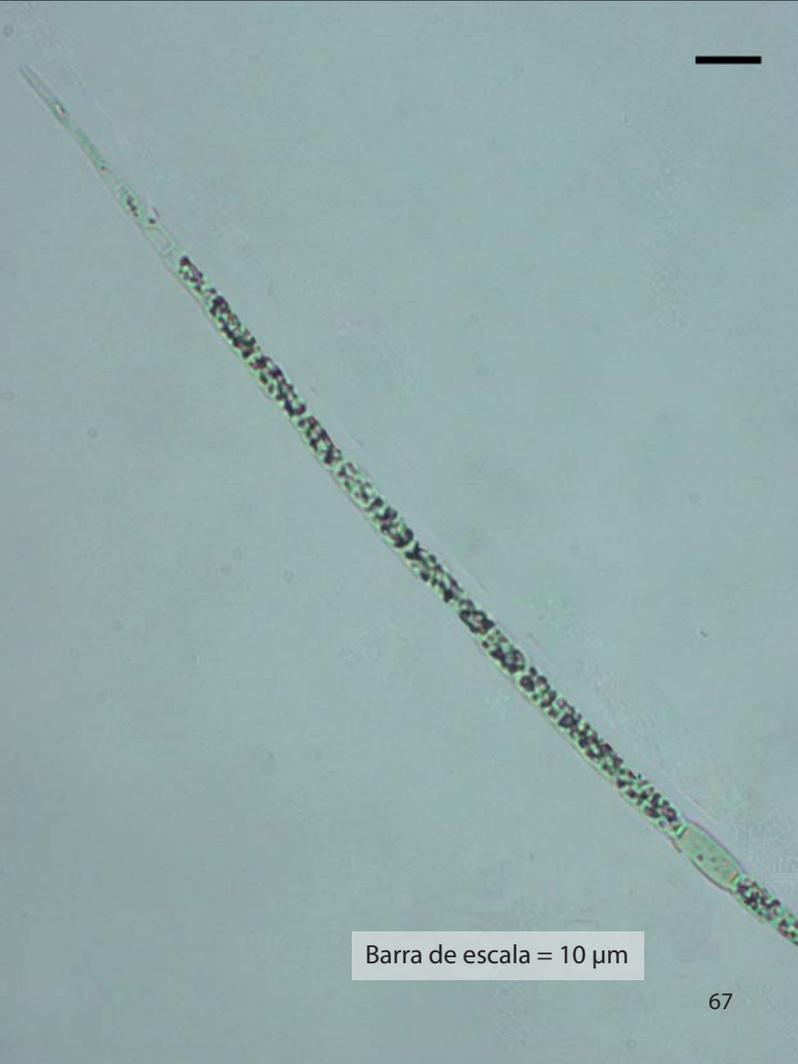


Barra de escala = 10  $\mu\text{m}$

*Aphanizomenon issatschenkoii*



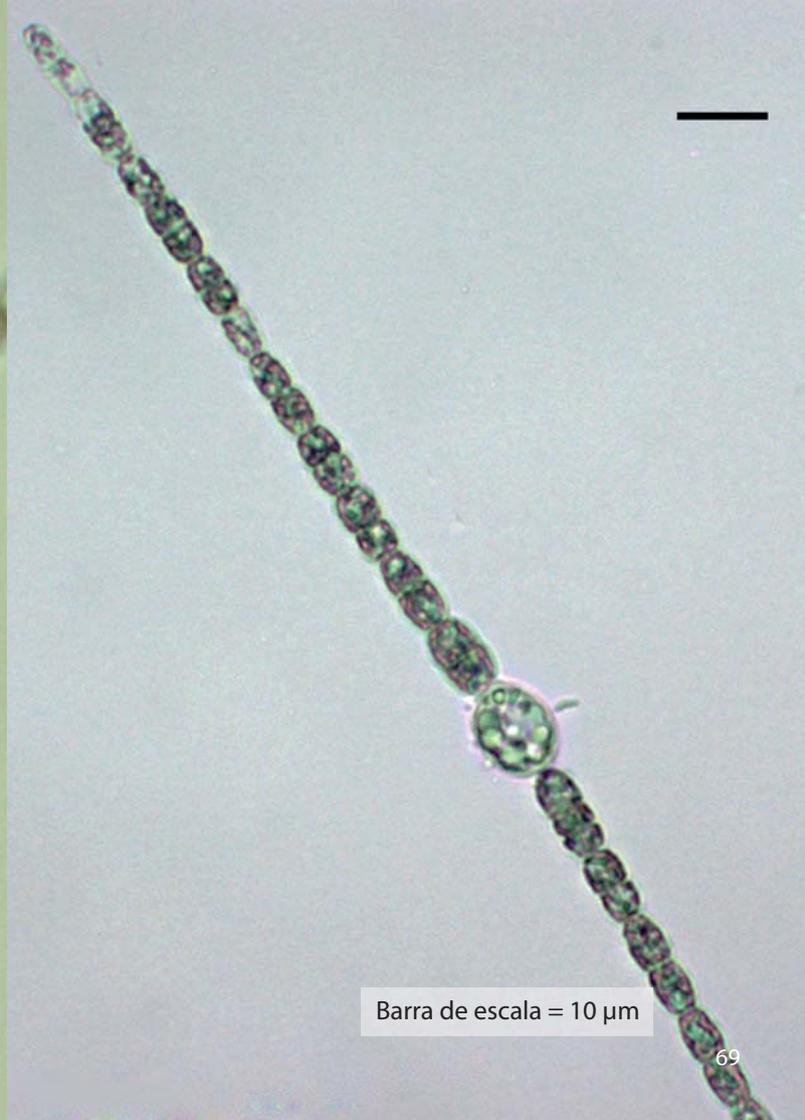
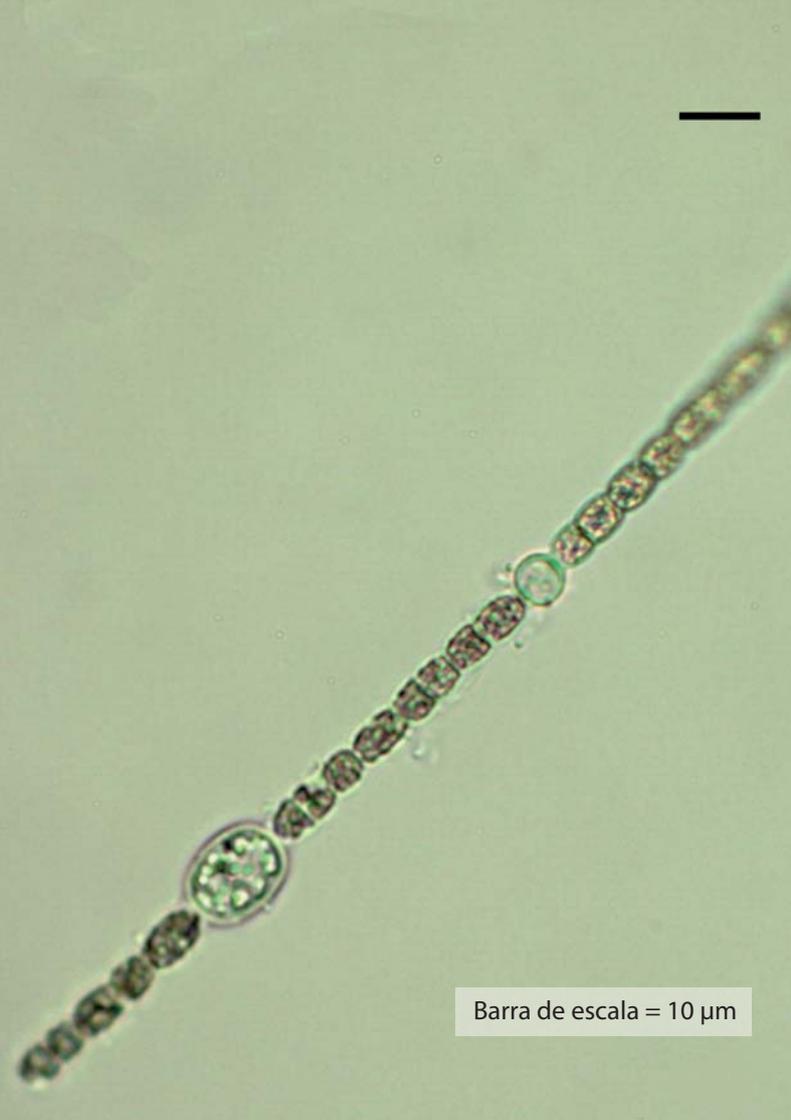
Barra de escala = 10  $\mu\text{m}$   
Muestra lugolizada



Barra de escala = 10  $\mu\text{m}$

## ORDEN NOSTOCALES: GÉNERO APHANIZOMENON

ESPECIES		<i>Aphanizomenon ovalisporum</i> Forti, 1911
<b>Tricomas</b>		Solitarios. Rectos o ligeramente curvados. Se estrechan hacia los extremos. Constrictiones entre células.
<b>Célula vegetativa</b>	<b>Forma</b>	Generalmente en forma de barril, más largas que anchas.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	3,5-6
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	4-12
<b>Heterocisto</b>	<b>Forma</b>	Subesféricos u ovales.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	4,5-8
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	3-12
<b>Acineto</b>	<b>Forma y posición</b>	Generalmente ovales. Claramente distantes de los heterocistos, a menudo a media distancia entre dos heterocistos. Tamaño llamativamente mayor que el de las células vegetativas.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	5-14
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	7-20
<b>Célula terminal</b>		Elongada, parcialmente hialina. Borde redondeado.
<b>Otras características</b>		Según los datos disponibles hasta el momento, en España esta especie siempre aparece asociada a la toxina <i>cilindrospermopsina</i> .



**ORDEN NOSTOCALES: GÉNERO CYLINDROSPERMOPSIS**

<b>ESPECIES</b>		<b><i>Cylindropermopsis raciborskii</i></b> (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju, 1972
<b>Tricomas</b>		Solitarios. Generalmente rectos o ligeramente curvados aunque pueden aparecer filamentos enrollados en forma de círculo abierto. Ligeras constricciones entre células.
<b>Célula vegetativa</b>	<b>Forma</b>	Cilíndricas. Con vesículas de gas.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	2,5-4
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	2,5-16
<b>Heterocisto</b>	<b>Forma</b>	Forma cónica muy característica. Posición terminal (característica diacrítica más destacada de la especie). Pueden aparecer en solo un extremo del filamento o en ambos extremos.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	1,5-2,5
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	3,5-6
<b>Acineto</b>	<b>Forma y posición</b>	Elongados u ovalados. Situados junto al heterocisto o junto a la célula vegetativa terminal cuando no aparece heterocisto.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	2,5-4
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	8-15
<b>Célula terminal</b>		En caso de no aparecer heterocistos, las células terminales son ligeramente elongadas.
<b>Otras características</b>		En ocasiones, no aparecen heterocistos pudiendo llevar a confundir esta especie con <i>Raphidiopsis mediterranea</i> o <i>Aphanizomenon issatschenkoi</i> .



## ORDEN NOSTOCALES: GÉNERO RAPHIDIOPSIS

ESPECIES		<i>Raphidiopsis curvata</i> Fritsch et Rich, 1929	<i>Raphidiopsis mediterranea</i> Skuja, 1937
<b>Tricomas</b>		Curvados o enrollados en espiral. Cortos. Atenuados en uno o ambos extremos. Sin constricciones entre células.	Rectos o ligeramente curvados. Constricciones ligeras entre células.
<b>Célula vegetativa</b>	<b>Forma</b>	Cilíndricas. Con vesículas de gas.	Cilíndricas. Con vesículas de gas.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	4,5	1,5-2,5
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	1,5-2 veces más largas que anchas.	2-4 veces más largas que anchas.
<b>Heterocisto</b>	<b>Forma</b>	Sin heterocisto (principal característica del género).	Sin heterocisto (principal característica del género).
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	-	-
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	-	-
<b>Acineto</b>	<b>Forma y posición</b>	Desde en forma de barril a cilíndricos. En posición intercalar.	Cilíndricos a ovals. Solitarios o en pares. Se sitúan cerca del extremo del filamento.
	<b>Ancho (rango) (µm)</b>	-	2,5-4,5
	<b>Largo (rango) (µm)</b>	10-13,5	6,5-13
<b>Célula terminal</b>		Claramente apuntadas (ambos extremos). Mucho más estrecha que las células vegetativas.	Claramente apuntadas (ambos extremos). Mucho más estrecha que las células vegetativas.
<b>Otras características</b>		-	-



Barra de escala = 10  $\mu$ m



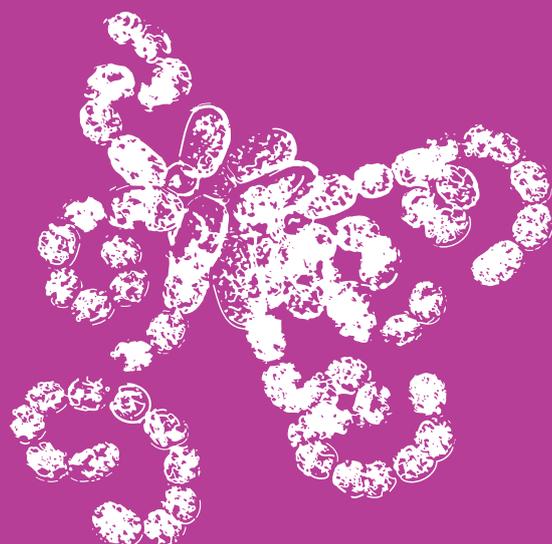
Barra de escala = 10  $\mu$ m



Barra de escala = 10  $\mu$ m



## Bibliografía





## BIBLIOGRAFÍA ÚTIL EN LA TAXONOMÍA DE CIANOBACTERIAS

- **AENOR** (2007). Calidad del agua. Guía para el recuento de fitoplancton por microscopía invertida (técnica de Utermöhl). UNE-EN 15204:2007. Madrid: AENOR, 2007.
- **Anagnostidis, K. y Komárek, J.** (1985). Modern approach to the classification of cyanophytes. 1. Introduction. *Algolog. Stud.*, 38/39: 291–302.
- **Anagnostidis, K. y Komárek, J.** (1988). Modern approach to the classification system 3: Oscillatoriales. *Arch. Hydrobiol. Supp.* 80, 50-53: 327-472.
- **Bonilla, S.** (2009) (ed.). Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión. Documento Técnico PHI-LAC N° 16. UNESCO. Montevideo. 97 pp.
- **Carrasco, D.; Moreno, E.; Sanchís, D.; Wörmer, L.; Paniagua, T.; Del Cueto, A. y Quesada, A.** (2006). Cyanobacterial abundance and microcystin occurrence in Mediterranean water reservoirs in Central Spain: microcystins in the Madrid area. *Eur. J. Phycol.*, 41(3): 281-291.
- **Chorus, I. y Bartram, J.** (1999) (eds.). Toxic Cyanobacteria in Water. A guide to their public health consequences, monitoring and management. WHO. E&FN Spon. London and New York. 416 pp.
- **Cronberg, G. y Annadotter, H.** (2006). Manual on aquatic cyanobacteria. ISSHA. Copenhagen.
- **Desickachary, T.V.** (1959). Cyanophyta ICAR Monographs on Algae. Nueva Delhi.
- **De Hoyos, C.; Negro, A.I. y Aldasoro, J.J.** (2004). Cyanobacteria distribution and abundance in the Spanish water reservoirs during thermal stratification. *Limnetica*, 23: 119-132.
- **Geitler, L.** (1932). Cyanophyceae. Rabenhorst's Krypt.- Fl., 14: 1-1196, Akad. Verlagsges, Leipzig.
- **Hindák, F.** (2000). Morphological variation of four planktic nostocalean cyanophytes-members of the genus *Aphanizomenon* or *Anabaena*. *Hydrobiologia*, 438: 107-116.
- **Hindák, F.** (2008). Colour Atlas of cyanophytes. Ed. VEDA. Bratislava.
- **John, D.M.; Whitton, B.A. y Brook, A.J.** (2002). The freshwater algal flora of the British Isles, Cambridge University Press.
- **Komárek, J.** (2005). Phenotype diversity of the heterocystous cyanoprokaryotic genus *Anabaenopsis*. *Czech Phycology*, 5: 1-35.
- **Komárek, J.** (2010). Modern taxonomic revision of planktic nostocalean cyanobacteria: a short review of genera. *Hydrobiologia*, 639: 231-243.
- **Komárek, J.** (2010b). Recent changes (2008) in cyanobacteria taxonomy based on a combination of molecular background with phenotype and ecological consequences (genus and species concept). *Hydrobiologia*, 639: 245-259.
- **Komárek, J. y Anagnostidis, K.** (1986). Modern approach to the classification of cyanophytes. 2. Chroococcales. *Algolog. Stud.*, 43: 157–226.
- **Komárek, J. y Anagnostidis, K.** (1989). Modern approach to the classification of cyanophytes. 4. Nostocales. *Archiv Hydrobiol. Supp. Monograph.*, 82: 247-345.
- **Komárek, J. y Anagnostidis, K.** (1999). Cyanoprokaryota 1. Chroococcales, Subwasserflora von Mitteleuropa 19/1. Elsevier.
- **Komárek, J. y Anagnostidis, K.** (2005). Cyanoprokaryota 2. Oscillatoriales, Subwasserflora von Mitteleuropa 19/2. Elsevier.
- **Komárek, J. y Komárková, J.** (2002). Review of the European Microcystis-morphospecies from nature. *Czech Phycology*, 2: 1-24.
- **Komárek, J. y Komárková, J.** (2004). Taxonomic review of the cyanoprokaryotic genera *Planktothrix* and *Planktothricoides*. *Czech Phycology*, 4: 1-18.
- **Komárek, J. y Zapomělová, E.** (2007). Planktic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena* = subg. *Dolichospermum* - 1. part: coiled types. *Fottea*, 7: 1-31.

- **Komárek, J. y Zapomělová, E.** (2008). Planktic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena* = subg. *Dolichospermum* - 2. part: straight types. *Fottea*, 8: 1-14.
- **Moustaka-Gouni, M.; Kormas, K.A.; Vardaka, E.; Katsiapi, M. y Gkelis, S.** (2009). *Raphidiopsis mediterranea* Skuja represents non-heterocytous life-cycle stages of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju in Lake Kastoria (Greece), its type locality: Evidence by morphological and phylogenetic analysis. *Harmful Algae*, 8: 864-872.
- **Rajaniemi, P.; Hrouzek, P.; Kaštovská, K.; Willame, R.; Rantala, A.; Hoffmann, L.; Komárek, J. y Sivonen, K.** (2005). Phylogenetic and morphological evaluation of the genera *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Trichormus* and *Nostoc* (Nostocales, Cyanobacteria). *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 55: 11-26.
- **Sanchís, D.; Carrasco, D. y Quesada, A.** (2004). The genus *Microcystis* (Microcystaceae/Cyanobacteria) from a Spanish reservoir: a contribution to the definition of morphological variations. *Nova Hedwigia*, 79: 479-495.
- **Saker, M.; Nogueira, I.C.G.; Vasconcelos, V.; Neilan, B.; Eaglesham, G.K. y Pereira P.** (2003). First report and toxicological assessment of the cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* from Portuguese freshwaters. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 55: 243-250.
- **Schopf, J.W. y Walter, M.R.** (1982). Origin and early evolution of cyanobacteria: the geological evidence. En: N.G. Carr y B.A. Whitton (eds). *The Biology of cyanobacteria*. Blackwell, Oxford.
- **Sournia, A.** (1978). *Phytoplankton Manual*. Monographs on Oceanographic Methodology. No. 6, UNESCO. Paris. 337pp.
- **Stüken, A.; Rücker, J.; Endrulat, T.; Preussel, K.; Hemm, M.; Nixdorf, B.; Karsten, U. y Wiedner, C.** (2006). Distribution of three alien cyanobacterial species (Nostocales) in northeast Germany: *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Anabaena bergii* and *Aphanizomenon aphanizomenoides*. *Phycologia*, 45: 696-703.
- **Stüken, A.; Campbell, R.J.; Quesada, A.; Sukenik, A.; Dadheech, P.K. y Wiedner, C.** (2009). Genetic and morphologic characterization of four putative cylindrospermopsin producing species of the cyanobacterial genera *Anabaena* and *Aphanizomenon*. *Journal of Plankton Research*, 5: 465-480.
- **Utermöhl, H.** (1958). Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie*, 9: 1-38.
- **Wacklin, P.; Hoffmann, L. y Komárek, J.** (2009). Nomenclatural validation of the genetically revised cyanobacterial genus *Dolichospermum* (Ralfs ex Bornet et Flahault) comb. nova. *Fottea*, 9: 59-64.
- **Willame, R.; Jurczak, T.; Iffly, J.F.; Kull, T.; Meriluoto, J. y Hoffman, L.** (2005). Distribution of hepatotoxic cyanobacterial blooms in Belgium and Luxembourg. *Hydrobiologia*, 551: 99-117.
- **Willame, R.; Boutte, C.; Grubisic, S.; Willemotte, A.; Komárek, J. y Hoffmann, L.** (2006). Morphological and molecular characterization of planktonic cyanobacteria from Belgium and Luxembourg. *Journal of Phycology*, 42: 1312-1332.
- **Zapomělová, E.; Jezberová, J.; Hrouzek, P.; Hisem, D.; Řeháková, K. y Komárková, J.** (2009). Polyphasic characterization of three strains of *Anabaena reniformis* and *Aphanizomenon aphanizomenoides* (cyanobacteria) and their reclassification to *Sphaerospermum* Gen. Nov. (Incl. *Anabaena kisseleviana*). *Journal of Phycology*, 45: 1363-1379.
- **Zapomělová, E.; Řeháková, K.; Jezberová, J. y Komárková, J.** (2010) Polyphasic characterization of eight planktonic *Anabaena* strains (Cyanobacteria) with reference to the variability of 61 *Anabaena* populations observed in the field. *Hydrobiologia*, 639: 99-113.

## Glosario





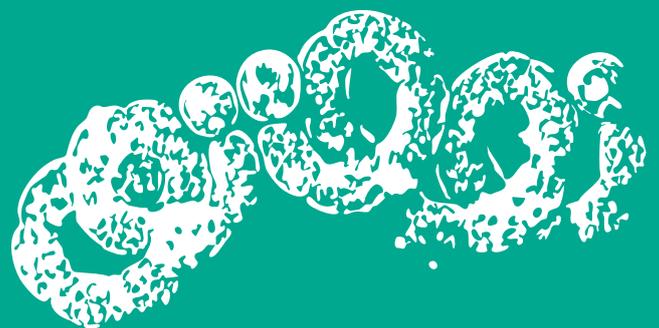
## GLOSARIO

---

- **Acineto:** células de resistencia, formadas a partir de una o más células después de almacenar las sustancias de reserva oportunas. Son más longevos que las células vegetativas. Su envuelta es muy gruesa, con muchas capas. Germinarán más tarde, después de un periodo desfavorable. La posición de los acinetos en el tricoma, su morfología y el tipo de germinación pueden ser característicos de las especies e incluso del género.
- **Aerotopo:** grupos de vesículas de gas, que aparecen principalmente en muchas especies planctónicas. Se ven en las células como cuerpos irregulares, refractarios. Son un fenómeno facultativo que influye en la flotabilidad. Se localizan en regiones especiales de las células vegetativas, cerca de los polos, o en partes centrales.
- **Béntico/Bentónico:** se refiere a los organismos que viven en el fondo de las masas de agua, ya sean aguas corrientes o lentas.
- **Caliptra:** restos de envueltas gelatinosas o de células muertas que forman una cubierta fina fuera de la pared celular de una célula apical en cianobacterias filamentosas.
- **Célula terminal:** célula que se encuentra en los extremos de cada filamento.
- **Clatrado:** con agujeros en su estructura.
- **Cocal:** se refiere a aquellos organismos que tienen células individuales o coloniales pero que no forman filamentos.
- **Cocoidal:** se refiere a los organismos de células independientes y normalmente redondeadas, también llamados cocoides.
- **Colonia:** agregados macroscópicos o microscópicos de células o filamentos organizados de forma característica, generalmente envueltos por una vaina o un fino mucílago. La disposición de las células, la morfología, polaridad, vaina, envuelta etc., son características de género y especie.
- **Constricción:** reducción del diámetro celular en las proximidades de la unión entre dos células en un filamento.
- **Diacrítico:** carácter morfológico que permite la identificación segura entre dos taxones similares.
- **Difluente:** referido al mucílago que fluye hacia el exterior, no contenido.
- **Especie tipo:** se refiere a la especie representativa del género, normalmente la que identifica de manera más precisa el género.
- **Fascículos:** agregados de filamentos con una morfología particular que recuerda a los fascículos musculares.
- **Fisión binaria:** división celular simple de manera que la célula en división da lugar a dos células similares a la célula original.
- **Fisión múltiple:** cuando las células se dividen de forma que en cada división hay un número elevado de células hijas significativamente más pequeñas que la célula madre.
- **Fitoplancton:** toda la vida vegetal microscópica que forma parte del plancton flotando libremente en la masa de agua.
- **Flagelo:** en eucariontes, proyección alargada cilíndrica que parte de la superficie celular, puede ser apical cuando la estructura interna sobre la que se ancla está en el extremo apical de la célula, o subapical cuando dicha estructura no se encuentra en el extremo apical de la célula.
- **Frústulo:** cubierta celular silícica de las diatomeas, formada por dos valvas unidas por dos o más bandas pleurales.
- **Heterocisto:** células especiales formadas a partir de células vegetativas en diferentes lugares del filamento. Su morfología presenta anchas paredes celulares, aparato fotosintético imperfecto, contiene el sistema enzimático que permite la asimilación de nitrógeno gaseoso, se induce con un metabolismo pobre en nitrógeno.
- **Hialino:** transparente, sin color.
- **Hormogonio:** secciones cortas de tricoma, separadas del tricoma original por fragmentación o por formación de necridios o heterocistos. Sirven para la reproducción.
- **Isodiamétrico:** en células solitarias significa esféricas y en tricomas significa con diámetros más o menos constantes a lo largo de su longitud.
- **Isopolar:** simétrico al eje longitudinal del

- filamento.
- **Lamelado:** se refiere a estructuras, como la vaina, que aparecen en varias capas.
  - **Macroscópico:** visible sin sistemas de magnificación.
  - **Metamérico:** en Nostocales se refiere a que los heterocistos y acinetos se repiten con el mismo patrón a lo largo del filamento. Las posiciones de heterocistos y acinetos aparecen regularmente a la misma distancia unos de otros.
  - **Mucílago:** material coloidal consistente en polisacáridos complejos formando frecuentemente una cubierta protectora de células, colonias o filamentos de cianobacterias. En algunas especies de cianobacterias es refringente mientras que en otras es indistinguible salvo que se marque con alguna tinción.
  - **Necridio:** células muertas. La formación del necridio es parte del ciclo celular.
  - **Palmeloide:** se refiere a una estructura de las algas formada por numerosas células inmóviles envueltas en un mucílago.
  - **Paraheterocítico:** se refiere a lo que aparece al lado de los heterocistos, en especial los acinetos.
  - **Pedúnculo:** estructura columnar visible que une la célula a alguna estructura o a varias células entre sí.
  - **Pirenoide:** estructura en el interior del cloroplasto visible al microscopio óptico, típicamente esférico o elíptico.
  - **Planctónico:** flotante en la columna de agua.
  - **Plasto:** en eucariontes, cuerpo u orgánulo celular involucrado en la fotosíntesis (por ejemplo cloroplasto).
  - **Polimórfico:** son estructuras que pueden tener diferentes morfologías, dependiendo de las condiciones.
  - **Posición intercalar:** en cualquier punto no terminal de una estructura, específicamente un filamento.
  - **Ramificaciones falsas:** aparentemente ramificado. Filamento sin unión entre células, aparece en especies con células colocadas en filas pero no en tricomas con células que forman una entidad fisiológica.
  - **Ramificaciones verdaderas:** ramificaciones en cianobacterias filamentosas que proceden de la división asimétrica o longitudinal de una célula intercalar que tras varias divisiones forman los tricomas tras la ramificación.
  - **Refringente:** estructura que aparece al microscopio óptico con un marcado contraste respecto a lo que la rodea.
  - **Sifonal:** se refiere a la organización cuyo talo está formado por una sola célula, pero con numerosos núcleos y carente de septos.
  - **Sub-colonia:** formación de una colonia a partir de otras colonias mayores cuando permanece unida a la que le dio origen.
  - **Teca:** se refiere a cada una de las dos partes que forman el frústulo de las diatomeas; también se denomina valva.
  - **Tricoma:** fila de células (uni o multiseriada) las cuales están conectadas fisiológicamente (existe transporte fisiológico entre células, al menos en parte).
  - **Vaina:** firmes, finas, gruesas, capas mucilaginosas alrededor de células y tricomas. Excretadas desde las células, con diferentes formas, pueden estar lameladas o coloreadas por pigmentos de vaina. Su presencia es facultativa y la frecuencia, la forma y la coloración son características taxonómicas.
  - **Vesícula de gas:** vesículas intracelulares pequeñas, densamente agregadas y paralelas formando aerotopos. Su pared es de pura proteína y contiene gas. Mediante su degradación se controla la flotabilidad de las especies planctónicas.

## Indice de especies





## ÍNDICE DE ESPECIES

### **Anabaena..... 13, 14, 18, 21, 25,33, 34, 35, 36, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 77, 78**

*affinis* ..... 25, 33, 50, 51  
*bergii* ..... 25, 33, 50, 78, 51  
*circinalis* ..... 25, 33, 56, 57  
*crassa* ..... 25, 33, 34, 56, 57  
*cylindrica* ..... 14, 25, 33, 52  
*flos-aquae* ..... 25, 33, 34, 58, 59  
*lemmermannii* ..... 25, 33, 60, 61  
*macrospora* ..... 25, 33, 52, 53  
*mendotae* ..... 25, 33, 58, 59  
*perturbata* ..... 25, 33, 60  
*planctonica* ..... 25, 33, 34, 54, 55  
*solitaria* ..... 25, 33, 54

### **Anabaenopsis ..... 21, 25, 35, 62, 63, 77**

*elenkii* ..... 25, 35, 62, 63  
*milleri* ..... 25, 35, 62, 63

### **Aphanizomenon.... 13, 17, 21, 25, 33, 36, 37, 64, 65 66, 67, 68, 69, 70, 77, 78**

*aphanizomenoides* ..... 25, 36, 37, 64, 65, 78  
*flos-aquae* ..... 25, 36, 37, 64, 65  
*gracile* ..... 25, 36, 66, 67  
*issatschenkoi* ..... 25, 36, 37, 66, 67, 70  
*ovalisporum* ..... 25, 36, 37, 68, 69

### **Coelosphaerium ..... 21, 25, 28, 42**

*kuetzingianum* ..... 25, 28, 42

### **Cuspidothrix ..... 25, 36**

*issatschenkoi* ..... 25, 36

### **Cylindrospermopsis .... 13, 21, 25, 38, 39, 70, 71, 78**

*raciborskii* ..... 25, 38, 39, 70, 71, 78

### **Dolichospermum..... 25, 33, 77, 78**

*affine* ..... 25, 33  
*circinale* ..... 25, 33  
*crassum* ..... 25, 33  
*flos-aquae* ..... 25, 33  
*lemmermannii* ..... 25, 33  
*macrosporum* ..... 25, 33  
*mendotae* ..... 25, 33  
*perturbatum* ..... 25, 33  
*planctonicum* ..... 25, 33  
*solitarium* ..... 25, 33

### **Limnothrix ..... 21, 25, 31, 47**

*redekei* ..... 25, 31, 47

### **Microcystis ..13, 17, 21, 25, 28, 29, 42, 43, 44, 45, 46, 77, 78**

*aeruginosa* ..... 25, 28, 29, 42, 43  
*flos-aquae* ..... 25, 28, 29, 42, 43  
*ichthyoblabe* ..... 25, 28, 42, 43  
*novacekii* ..... 25, 28, 29, 44, 45  
*viridis* ..... 25, 28, 44, 45

### **Planktothrix..... 13, 17, 21, 25, 32, 48, 49**

*agardhii* ..... 25, 32, 48, 49  
*isothrix* ..... 25, 32, 48  
*rubescens* ..... 25, 32, 48, 49

### **Raphidiopsis ..... 21, 25, 38, 39, 70, 72, 73, 78**

*curvata* ..... 25, 39, 72, 73  
*mediterranea* ..... 25, 38, 39, 70, 72, 73, 78

### **Sphaerospermum..... 25, 36, 78**

*aphanizomenoides* ..... 25, 36, 78

### **Woronichinia ..... 21, 25, 30, 46**

*naegeliana* ..... 25, 30, 46

