

Catálogo de Cianobacterias

del Embalse Cerrón Grande



**Facultad de Ciencias
Naturales y Matemática**

Título: Catálogo de cianobacterias del Embalse Cerrón Grande
Autores: Rebeca Quintanilla, Jennifer Guerra, Oscar Amaya.
Género: Didáctico
Edición: 1ª Edición
Tipo de edición. Versión simple
Editorial. LABTOX-UES
ISBN. 978-99983-998-0-8
No de páginas: 104 páginas
Año: 2023

Agradecimientos

Al Programa de Cooperación Técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), por financiar esta obra bajo el proyecto ELS7009.

Al Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), por su colaboración con embarcación y guardarecursos.

A las autoridades universitarias por su apoyo institucional.

Al Consejo de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador, por sus contribuciones en el proyecto 16.22.

A Ingrid Argueta, Krissia Portillo, Claudia Guirola, Marvel Renderos, William Larín, David Pleitez, Gladys Pérez, Eduardo Lúe, Valeria Alfaro por acompañar en los monitoreos.

A Gladys Abigail Pérez González por la elaboración de los mapas.

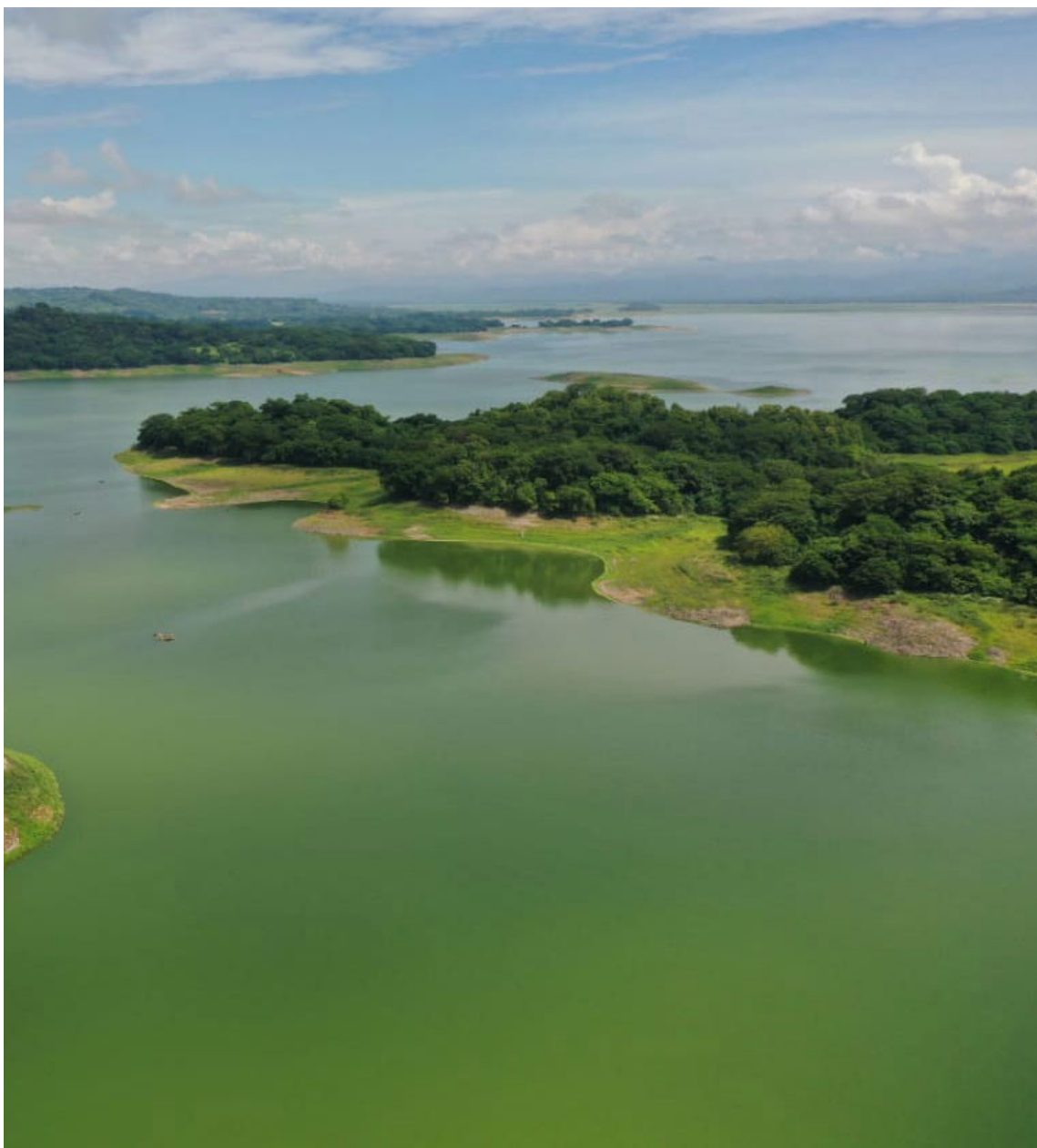
Fotografías de portada: Unidad de Comunicaciones e Información
Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa - CEL

Fotografías de contraportada: Guardarrecursos MARN del Embalse Cerrón Grande

Tabla de contenido

<i>Sinopsis</i>	05	<i>Chroococcus dispersus</i>	30
<i>Presentación</i>	07	<i>Chroococcus sp.</i>	32
<i>Prólogo</i>	08	<i>Coelomoron sp.</i>	34
<i>Generalidades de las cianobacterias</i>	09	<i>Coelosphaerium sp.</i>	36
<i>Eutrofización</i>	11	<i>Dolichospermum cf. affinis</i>	38
<i>Aphanizomenon cf. gracile</i>	14	<i>Dolichospermum cf. flos-aquae</i>	40
<i>Aphanizomenon cf. flos-aquae</i>	16	<i>Dolichospermum cf. viguieri</i>	42
<i>Aphanizomenon cf. ovalisporum</i>	18	<i>Dolichospermum sp.</i>	44
<i>Aphanizomenon sp.</i>	20	<i>Eucapsis sp.</i>	46
<i>Aphanocapsa cf. delicatissima</i>	22	<i>Gloeothece sp.</i>	48
<i>Aphanocapsa incerta</i>	24	<i>Jaaginema sp.</i>	50
<i>Aphanocapsa cf. planctonica</i>	26	<i>Komvophoron sp.</i>	54
<i>Aphanocapsa sp.</i>	28	<i>Limnoraphis cf. birgei</i>	56

<i>Limnothrix</i> sp.	58	<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>minima</i>	80
<i>Merismopedia</i> sp.	60	<i>Pseudanabaena</i> <i>galeata</i>	82
<i>Microcystis</i> cf. <i>wesenbergii</i>	62	<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>mucicola</i>	84
<i>Microcystis</i> sp.	64	<i>Pseudanabaena</i> sp.	86
<i>Microcystis</i> cf. <i>aeruginosa</i>	66	<i>Raphidiopsis</i> cf. <i>mediterranea</i>	88
<i>Microcystis</i> cf. <i>panniformis</i>	68	<i>Raphidiopsis</i> cf. <i>curvispora</i>	90
<i>Oscillatoria</i> sp.	70	<i>Raphidiopsis</i> cf. <i>raciborskii</i>	92
<i>Planktolyngbya</i> sp.	72	<i>Romeria</i> sp.	94
<i>Planktothrix</i> <i>isothrix</i>	74	<i>Sphaerospermopsis</i> sp.	96
<i>Planktothrix</i> sp.	76	<i>Bibliografía</i>	98
<i>Pseudanabaena</i> <i>catenata</i>	78		



Sinopsis

Los protagonistas principales son las especies de Cianobacterias encontradas en el Embalse Cerrón Grande, transcurridos 6 años del programa de monitoreo de cianobacterias (2018-2023). ¿Qué forma tienen? ¿Dónde se encuentran?, ¿Qué impactos generan?, ¿Qué toxinas sintetizan?

Los autores son investigadores del Laboratorio de Toxinas Marinas y de Aguas Continentales de la Universidad de El Salvador LABTOX-UES, presentan un estudio sistemático, mostrando su morfología, describiendo su toxicidad y su aparición. Esto es el "Catálogo de Cianobacterias del Embalse Cerrón Grande".

Presentación

El catálogo de Cianobacterias del Embalse Cerrón Grande contiene la descripción individual de 41 especies seleccionadas por su frecuencia de aparición y producir cianotoxinas, está confirmada su composición taxonómica y potencial tóxico, hasta el momento un total de 138 cianobacterias han sido identificadas para el embalse; muestras de agua fueron recolectadas a diferentes profundidades desde el 2018 producto de las campañas de monitoreo realizadas por técnicos del Laboratorio de Toxinas Marinas y de Aguas Continentales de la Universidad de El Salvador (LABTOX-UES), este libro aumenta las capacidades institucionales para abordar el peligro asociado a cianobacterias ya reconocido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) debido a su capacidad de producir toxinas. Estas toxinas se clasifican en: (1) neurotoxinas, actúan en la transmisión de impulsos nerviosos; (2) hepatotoxinas, causan daño hepático y (3) dermatotoxinas, causan irritación en tejido expuesto. Este es el primer libro disponible a nivel nacional que trata sobre cianobacterias tóxicas del embalse Cerrón Grande. Se realiza la divulgación de la información generada producto de 6 años de monitoreo (2018-2023), enmarcados bajo un proyecto de cooperación con el Organismo Internacional de Energía Atómica ELS7009. Este libro representa la primera fase de un proyecto más grande de mediano plazo que tiene como objetivo recopilar información de cianobacterias tóxicas en humedales bajo la Convención Ramsar para su manejo integral y proteger la salud humana.

El catálogo atiende necesidades identificadas por el Plan Nacional para el Mejoramiento de Humedales en El Salvador. Los ríos, lagos y lagunas también se encuentran afectados por esta problemática de cianobacterias en el país. LABTOX-UES

lanza esta información científica sobre cianobacterias y niveles de cianotoxinas a los que se expone la población que consume agua de estos sistemas; estamos complementando iniciativas nacionales investigando problemas que amenazan el estado ecológico de humedales importantes del país, garantizando los bienes y servicios ambientales que estos ecosistemas brindan a la población.

El catálogo de Cianobacterias del Embalse Cerrón Grande, pretende complementar las iniciativas gubernamentales para estudiar los principales problemas que amenazan el estado ecológico de estos humedales representativos e importantes del país y de esta forma garantizar los bienes y servicios ambientales que estos ecosistemas brindan a la población. El catálogo contribuye con datos e información relevante con miras a replicar las metodologías desarrolladas en otros humedales Ramsar.

El Salvador posee 126 humedales de los cuales el embalse Cerrón Grande es el más extenso, desde el 2005 tiene categoría de Sitio Ramsar e importancia internacional, está ubicado dentro de los departamentos Chalatenango, San Salvador, Cuscatlán y Cabañas (centro 14°1'23,2"N, y 89°2'3.3"O), aproximadamente a 45 kilómetros de San Salvador. La superficie del espejo de agua es 135 km², altitud de 243 msnm. En sus municipios ribereños habitan alrededor de 200,000 personas según el censo poblacional de 2007. El embalse provee bienes y servicios ambientales de importancia nacional para la actividad humana destacando: generación hidroeléctrica, mayor cantidad de peces en un cuerpo de agua dulce, lugar de alimentación, cría y descanso para aves acuáticas autóctonas y migratorias. El

embalse Cerrón Grande ha manifestado diversos fenómenos naturales apreciables a simple vista entre ellos: proliferación de cianobacterias y microalgas nocivas, fétidos olores, contaminación por plásticos, metales pesados, nutrientes, etc.

En el contexto de la situación de inseguridad hídrica que enfrenta El Salvador, la contaminación de los cuerpos de agua representa una amenaza para la disponibilidad de los servicios y bienes que estos brindan. Los humedales continentales se encuentran dentro de los cuerpos de agua más afectados por esta problemática en el país, ya que la mayoría de ellos están experimentando severos procesos de degradación. Autoridades ambientales reconocen que la eutrofización es un problema importante en estos cuerpos de agua y que se deben realizar acciones de remediación y restauración para mejorar su calidad de manera integral. Además, la Convención de Ramsar propone un compromiso para preservar las características

ecológicas y el desarrollo sostenible de los humedales de importancia internacional. La eutrofización, la dinámica de las concentraciones de nutrientes y la biomasa de algas en la mayoría de los humedales se desconocen, ni se conocen los niveles de cianotoxinas a los que la población que consume agua de estos sistemas están expuestos. El embalse Cerrón Grande experimenta procesos de degradación como la contaminación y eutrofización de sus aguas, la proliferación de microalgas nocivas, la contaminación por descargas de aguas negras y agroquímicos, la disminución de los recursos pesqueros, la sedimentación por la erosión de la cuenca y la presencia de especies invasoras. A nivel de país, se mejoran las capacidades nacionales al contar con información científica para apoyar la toma de decisiones en la reducción y manejo seguro de los recursos hídricos.

Oscar Amaya
Director LABTOX-UES.



Prólogo

Las cianobacterias y las microalgas en general, dentro de la Ficología, han sido siempre atractivas por varias razones: biológicas, entre ellas, por su capacidad adaptativa e importancia ecológica y evolutiva. Fueron uno de los primeros organismos autótrofos cuya fotosíntesis oxigénica contribuyó a la formación de la atmósfera terrestre tal cual conocemos, sin embargo, son tristemente célebres en la actualidad, porque muchas de sus especies pueden producir toxinas, comúnmente denominadas “cianotoxinas”, peligrosas para el resto de la biota acuática y para la salud humana. Tragedias como la ocurrida en Cararú, Pernambuco, Brasil en 1996 conminaron a las autoridades sanitarias a tomarlas en cuenta en los procedimientos y normas para evaluar la calidad del agua de consumo. Además del peligro potencial de sus toxinas, los crecimientos masivos, denominados florecimientos (“Wasserblüte”, “Water blooms”), provocan otras afectaciones que entorpecen los procesos de clarificación y explotación del preciado líquido.

De manera que los estudios acerca de las cianobacterias formadoras de florecimientos en acuatorios de Latinoamérica y del Caribe son siempre importantes, sobre todo si son publicados en español.

Uno de los primeros pasos para abordar estos estudios, es sin dudas conocer la composición de las especies que provocan esos eventos. La publicación de obras florísticas como listas, catálogos, etc. constituyen fuentes valiosas al conocimiento y comprensión de las floraciones cianobacteriales.

Me honra la presentación de mis comentarios a modo de prólogo, del “Catálogo de cianobacterias del embalse Cerrón

Grande, El Salvador”, de los autores: R. Quintanilla, J. Guerra y O. Amaya.

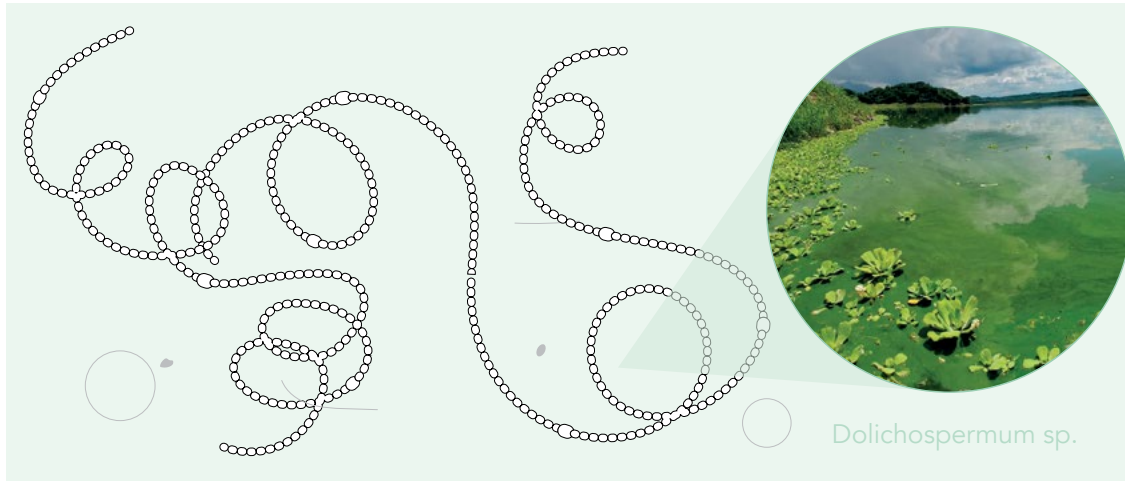
Este catálogo consta de 106 páginas, incluyendo: mapas, fotografías e ilustraciones de las especies, así como referencias bibliográficas. Está concebido adecuadamente en todas sus partes, el diseño cumple, en mi opinión, con los requisitos estéticos más exigentes. Además del núcleo central del mismo, que es la presentación de las especies, incluye una presentación que fundamenta la publicación, sus objetivos, etc. generalidades acerca de las cianobacterias, así mismo informaciones sobre de la eutrofización que ayudan a la comprensión de este proceso de ocurrencia global.

De las 41 especies incluidas, se ofrece fotos, ilustraciones y descripciones, así como datos precisos acerca de las toxinas que pudieran producir. Las fotos permiten reconocer a las especies, aunque no todas muestran los caracteres diagnósticos, las descripciones aportan los detalles necesarios. Esta obra – como todas la de su tipo- no está exenta de originar discrepancias, en cuanto a la identificación se refiere; pero la documentación aportada, permitirá a los especialistas arribar a una precisa identificación.

Sin dudas esta publicación además de los valores señalados, constituye una herramienta de trabajo con un indiscutible valor didáctico no solo para el país sino para Latinoamérica y el Caribe.

*Augusto Abilio Comas González
Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos
Cuba.*

Generalidades de las cianobacterias



Las cianobacterias, conocidas anteriormente como cianofitas, cianoprocariontas o algas verde-azules, son organismos procariontas unicelulares capaces de fijar carbono a través de la fotosíntesis (Walter et al. 2017). Las cianobacterias fueron los primeros productores de oxígeno mediante el proceso fotosintético (Lyons, Reinhard & Planavsky 2014), lo que cambió la química atmosférica y permitió la evolución de los organismos aeróbicos (Falcón, Magallón & Castillo 2010).

Las cianobacterias se encuentran en la mayoría de los ambientes: agua dulce, marina y salobre, el suelo (Flores & Herrero, 2014), las rocas o incluso creciendo sobre edificios (Catherine et al. 2013) o ambientes extremos como lagos de la Antártida y las aguas termales (Bagchi & Singh 2019). Las cianobacterias son una parte importante del fitoplancton, que es el término con el que se designa a los organismos microscópicos fotosintéticos que flotan a la deriva en la columna de agua.

La taxonomía es la ciencia de clasificar y nombrar grupos de organismos, generalmente basada en características compartidas y/o presuntas relaciones naturales (Kozlov et al. 2016); es un método para el registro de la biodiversidad de la Tierra sobre la base de las evoluciones (genéticas) y las relaciones ecológicas, así como la variación fenotípica (Hoffmann, Komárek & Kaštovský 2004).

Tradicionalmente las cianobacterias se han clasificado con caracteres morfológicos y ecológicos que no reflejan la evolución y el grado de relación entre los diferentes taxones (Casamatta et al. 2005; Mogany et al. 2018). En la actualidad se utilizan otros criterios para clasificar a las cianobacterias, tales como fisiológicos, bioquímicos y genéticos (Sarma 2013); esto últimos tienen mayor aceptación en la utilización de marcadores moleculares y en la secuenciación de las diferentes especies, facilitando la identificación taxonómica (Gupta & Mathews 2010).

Las cianobacterias desempeñan un papel importante en el mantenimiento de la productividad de los ecosistemas a través de la fotosíntesis y la fijación de nitrógeno en el ecosistema. Algunas especies de cianobacterias producen y liberan al ambiente compuestos químicos que ocasionan daño a otras especies, que se les conocen como cianotoxinas.

Estos compuestos desempeñan ciertos roles ecológicos en las cianobacterias como la protección de la radiación ultravioleta, disuasor de alimento, alelopatía, competencia de recursos o como señalización química (Leão et al. 2012). Estos compuestos químicos o toxinas, son ocasionados cuando incrementa su abundancia en los cuerpos de agua, lo que amenaza la calidad del agua y la salud humana (Thomson-Laing et al. 2020). Algunas cianotoxinas son potentes neurotoxinas, otras poseen actividad tóxica primaria sobre el hígado (hepatotoxinas) o reacciones alérgicas en la piel (Brena & Bonilla, 2009). Si bien muchos de estos compuestos tienen efectos tóxicos reconocidos, el impacto y los efectos a largo plazo de muchos de estos también se desconocen (Chorus et al., 2000; Bláhová et al., 2008). Sin embargo, es reconocido que el aumento en la proliferación de cianobacterias tóxicas constituye un serio problema

para los ecosistemas acuáticos y la salud humana (Poste, Hecky & Guildford, 2011). Las cianobacterias son conocidas también por causar floraciones algales nocivas (FAN), sobre todo en cuerpos de agua dulce. Las FAN son eventos de incrementos en la abundancia de los organismos del fitoplancton, que resultan en afectaciones al ecosistema y a las actividades humanas. En las últimas décadas, las FAN han afectado a la mayoría de cuerpos de agua continental (O'Neil et al., 2012). Aunque son fenómenos naturales, el excesivo crecimiento del fitoplancton refleja variaciones en las condiciones ambientales como el incremento de nutrientes, temperatura, alta intensidad de luz, pH y estabilidad de la columna de agua (Robarts & Zohary, 1987, Jacoby et

al., 2000, Davis et al., 2009). El incremento en la ocurrencia de las floraciones algales es considerado dentro de los sistemas acuáticos como uno de los principales efectos de la eutrofización y el cambio climático.

En El Salvador, los reportes de floraciones algales nocivas en cuerpos de agua continentales han ido en incremento en los últimos años, ocasionando episodios de anoxia, mortandad de peces y afectaciones al agua de consumo humano. Considerando la relevancia y el aumento de proliferaciones algales en lagunas y lagos de El Salvador se hace necesario registrar las especies responsables de estos fenómenos que permitan establecer una línea base para el monitoreo de estos fenómenos.



Eutrofización

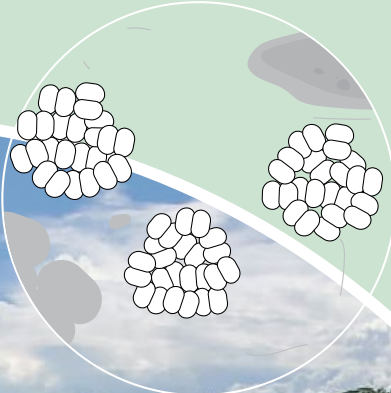
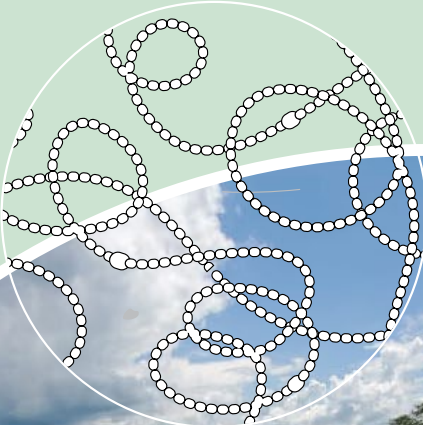
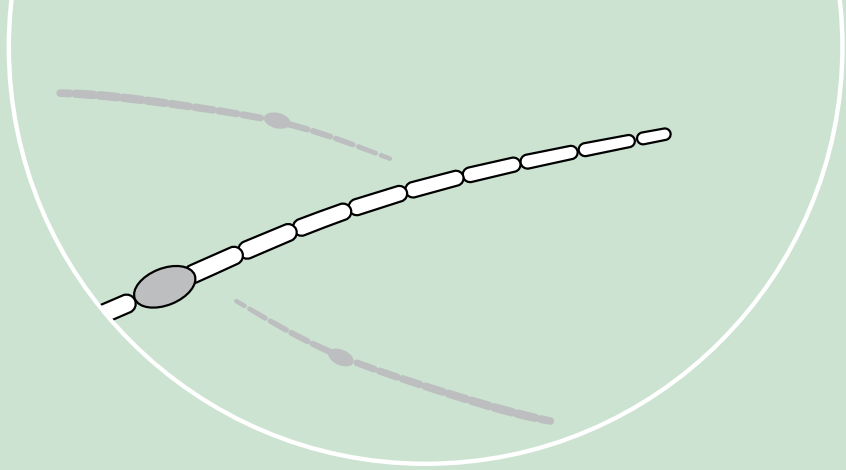
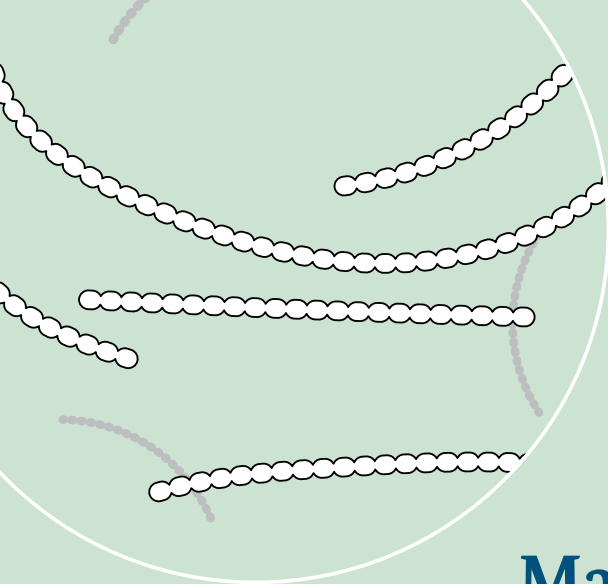
La eutrofización es una de las principales causas de degradación de los ecosistemas de agua dulce. Durante su estado inicial de formación, los cuerpos de agua se encuentran en un estado oligotrófico y sostienen poca vida acuática debido a la deficiencia de nutrientes. El enriquecimiento con nutrientes como el nitrógeno y el fósforo causa la transformación de los cuerpos de agua de oligotróficos a mesotróficos, eutróficos y finalmente hipertróficos. Las fases mesotróficas y eutróficas presentan niveles intermedios y altos de nutrientes y muestran serios y crecientes problemas de calidad de agua, respectivamente. Mientras que la fase hipertrófica corresponde a un enriquecimiento excesivo del cuerpo de agua cuya fuente de nutrientes son las actividades humanas; a esta definición se le conoce como eutrofización. Al enriquecimiento por nutrientes, le sigue un crecimiento descontrolado de productores primarios y episodios de disminución de la concentración de oxígeno debido a la descomposición de la materia orgánica proveniente de los productores primarios.

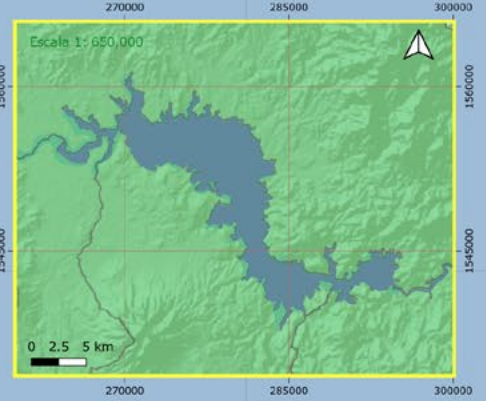
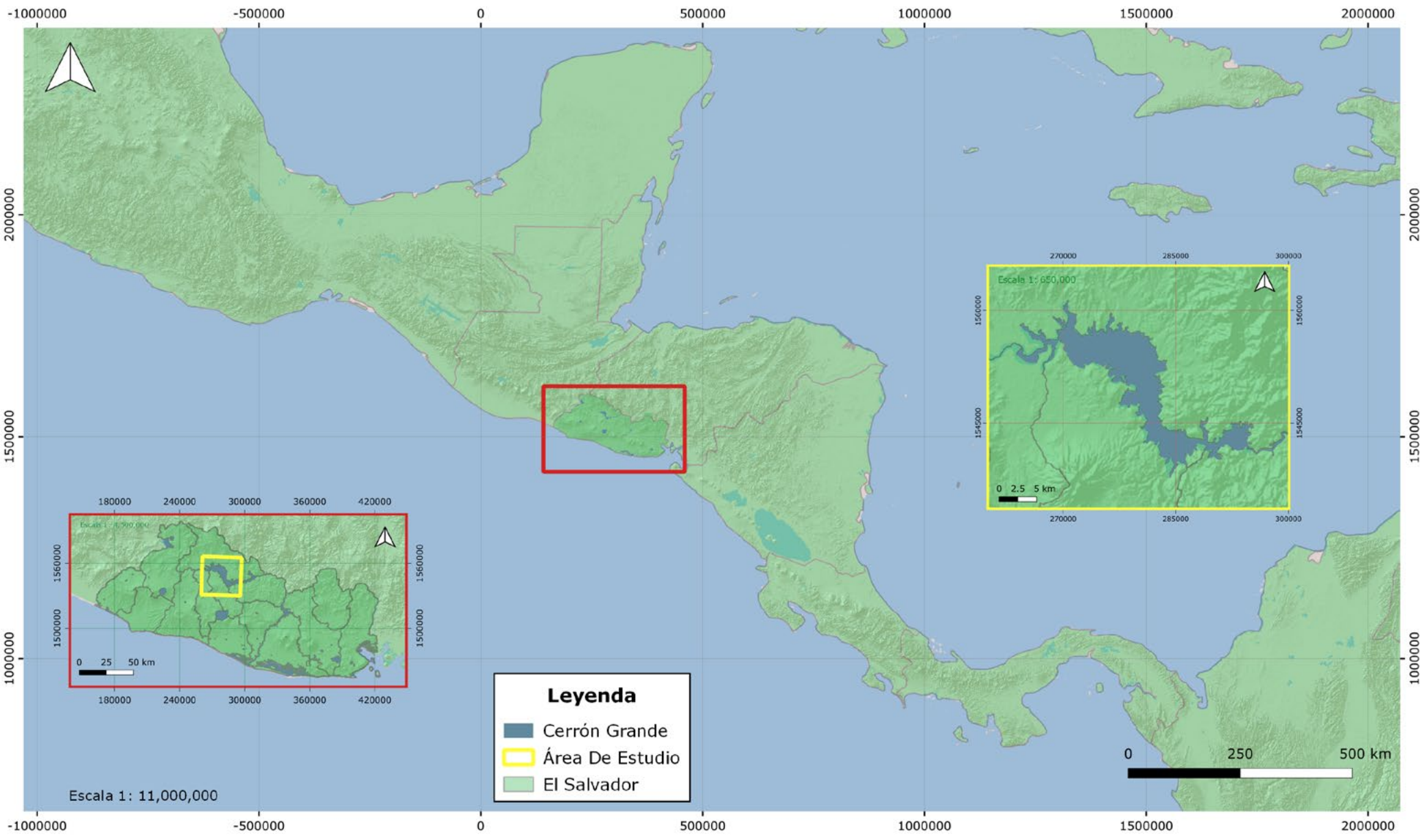


La causa principal que desencadena el paso de un estado oligotrófico a uno eutrófico es el aporte de una carga de fósforo y/o nitrógeno en una tasa mayor a la que el sistema acuático puede procesar. El origen de estos aportes de nutrientes es diverso, pero se destacan como aportes puntuales los desechos orgánicos urbanos, domésticos e industriales, y los aportes difusos por escorrentía, mayoritariamente inorgánicos, que provienen de la actividad agrícola y ganadera. Naturalmente, los cuerpos de agua pueden evolucionar hacia sistemas con una mayor carga de

nutrientes; sin embargo, se reconoce que la eutrofización se ha acelerado por la influencia de las actividades antropogénicas sobre la calidad del agua. Este proceso de eutrofización da como resultado un crecimiento excesivo de especies de cianobacterias, que suponen un riesgo para la salud humana y del ecosistema acuático en general. A nivel mundial, se reconoce que el problema de la eutrofización y los florecimientos de cianobacterias se está expandiendo, sobre todo en el contexto del cambio climático.

Mapa de ubicación Cerrón Grande





Leyenda

- Cerrón Grande
- Área De Estudio
- El Salvador

Escala 1: 11,000,000

0 250 500 km

Aphanizomenon cf. gracile

(Lemmerm.) Lemmerm. 1907

Orden: Nostocales

Familia: Aphanizomenonaceae

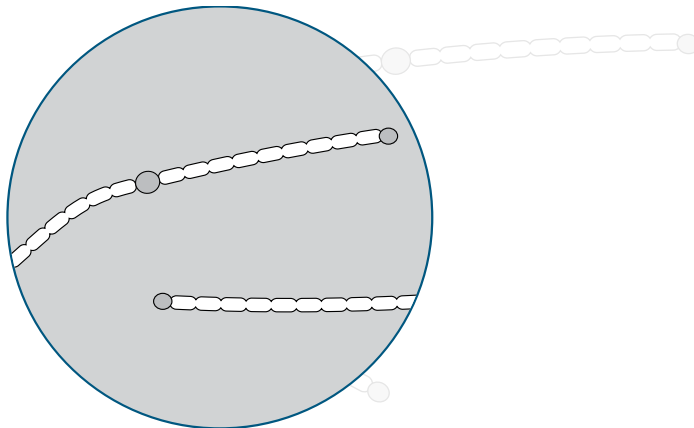


Descripción

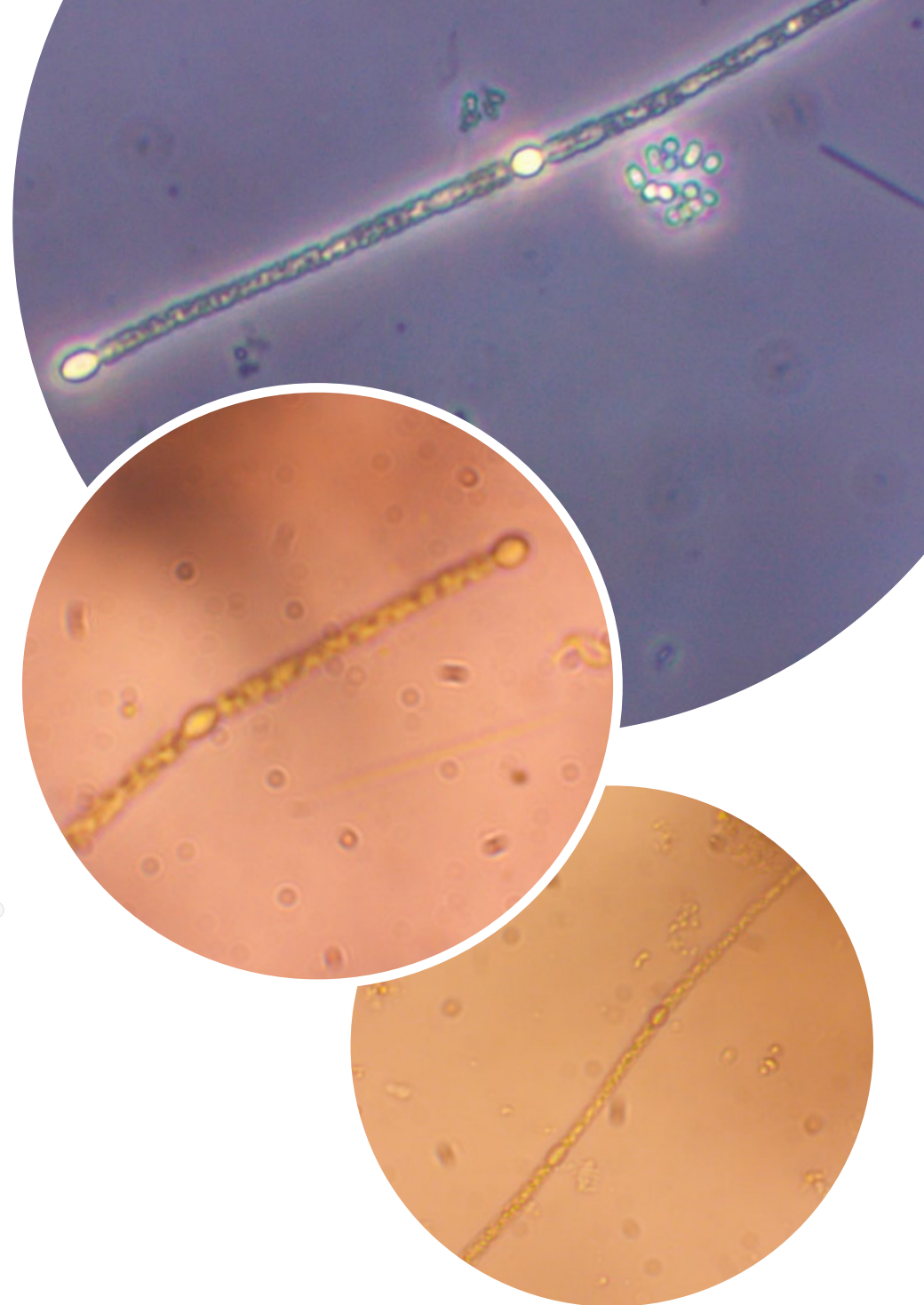
Los tricomas son rectos o ligeramente curvados, contraídos en el tabique, estrechándose gradualmente hacia ambos extremos, no forman colonias, sin vainas, a veces con mucosidad muy fina, difusa e indistinta. Las células son cilíndricas cortas o en forma de barril, con vesículas de gas, de 2.2 a 4.5 μm de ancho y de 2.3 a 7.9 μm de largo. Las células apicales son ligeramente más delgadas, pero como otras células, tienen vesículas de gas y no son transparentes, miden 2.2-2.9 μm de ancho y 2.4-5(-8) μm de largo. Las células heterocísticas son oblongas, a menudo solitarias en el medio del tricoma, de 4.1 a 4.8 μm de ancho y de 5 a 6.5 μm de largo. Los acinetos son oblongos a cilíndricos oblongos, 1 o 2 coexistentes de 1 a 5 células aparte del heterocisto, pueden ocurrir simétricamente a lo largo del heterocisto, 4.8-8.3 μm de ancho, 13.4-17.9 μm de largo. A menudo se ve una vaina transparente en forma de copa en la punta de acineto.

Toxinas

- Anatoxinas, cilindropermopsinas, microcistinas, saxitoxinas.



Representación esquemática



Aphanizomenon cf. flos-aquae

Ralfs ex Bornet & Flahault

Orden: Nostocales

Familia: Aphanizomenonaceae

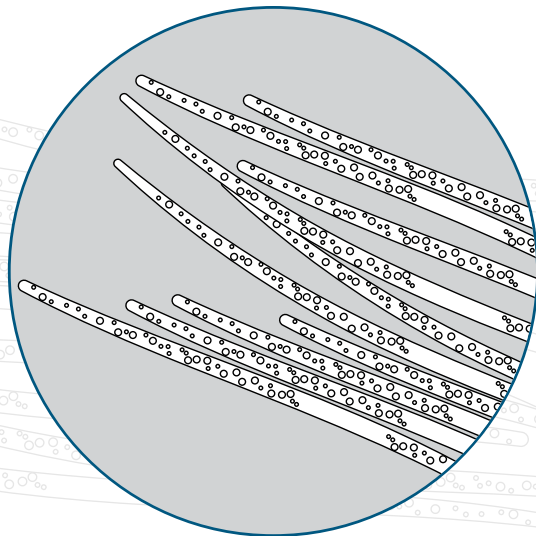


Descripción

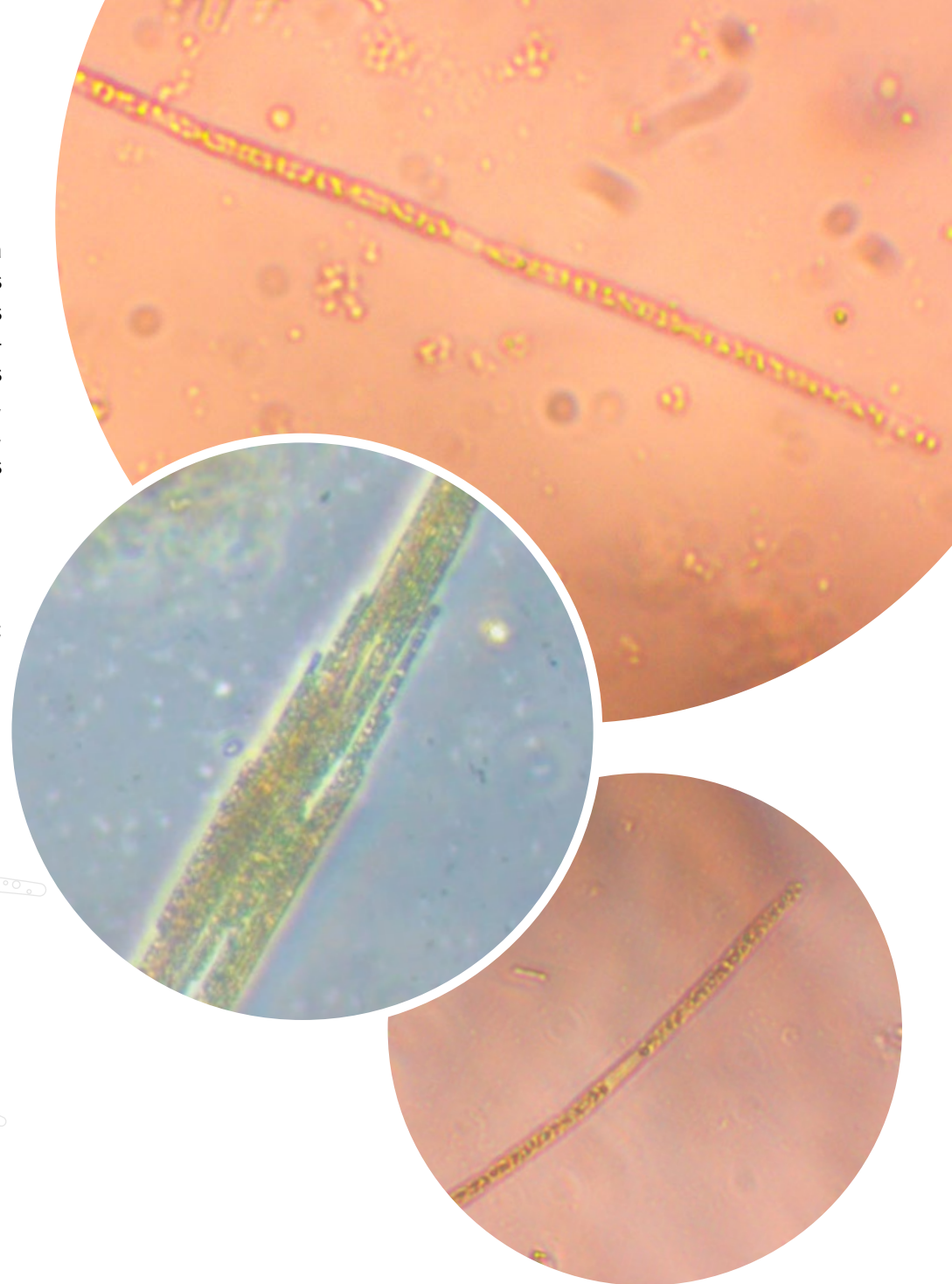
Tricomas agrupados en fascículos en forma de banda, de hasta 2 cm de largo, rectas o dobladas. Células terminales cilíndricas alargadas, no estrechas, sin aerotopos, casi hialinas. Células vegetativas cilíndricas y ligeramente en forma de barril de 4.0-12.1 x 3.6-5.6 μm . Heterocistos Intercalares, solitarios, cilíndricos de 6.6-8.5 x 3.3-3.9 μm . Acinetos intercalares, cilíndricos, largo, distante de los heterocistos, de 30-62 x 5.2-7.5 μm (Ryu, Shin & Lee 2017). Células terminales alargadas más o menos redondeadas (Komárek & Momárková 2006).

Toxinas

- Cilindrospermopsina, Saxitoxina (Lyon, Su & Cude 2018); neosaxitoxina (Ferreira 2001)



Representación esquemática

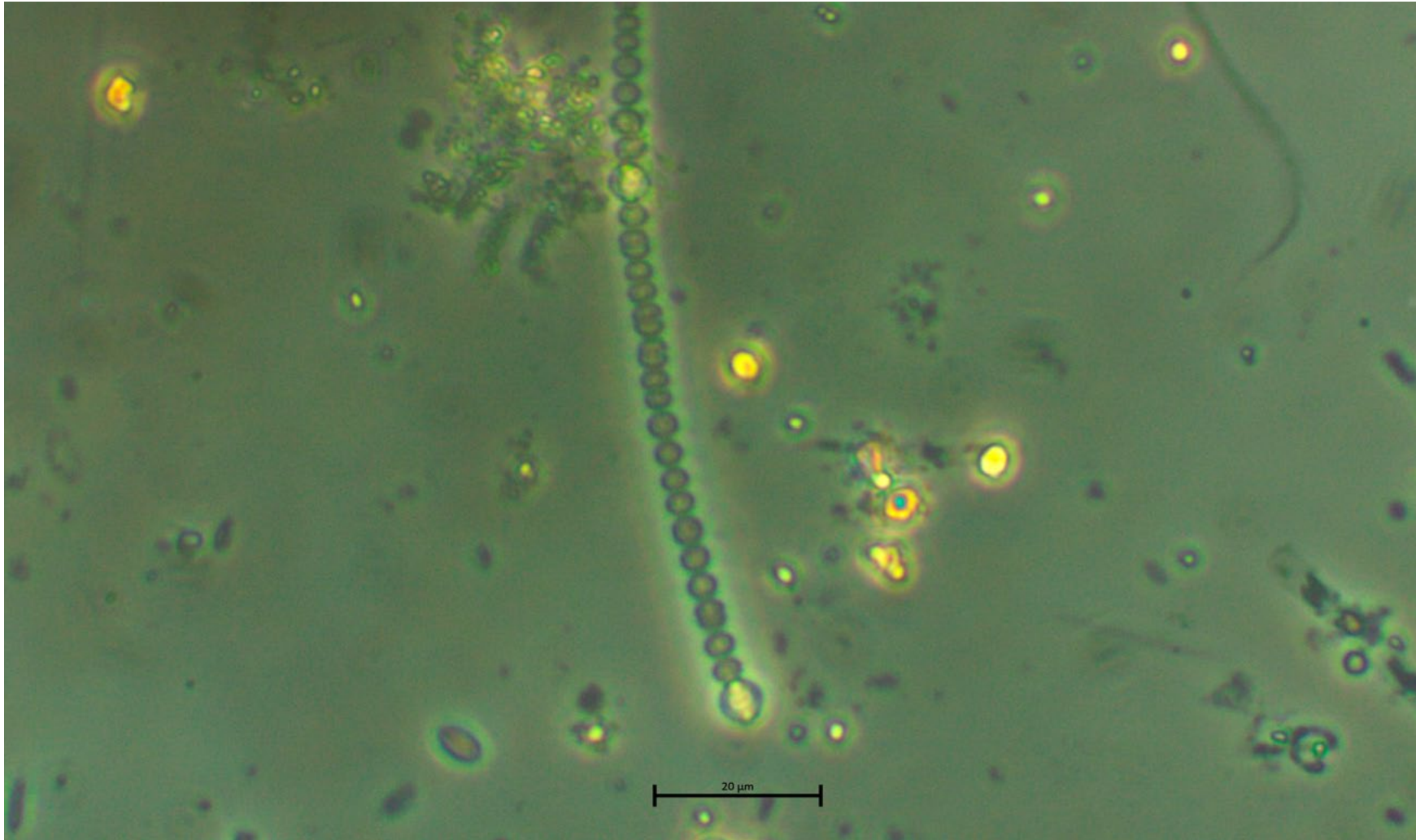


Aphanizomenon cf. ovalisporum

Forti 1911

Orden: Nostocales

Familia: Aphanizomenonaceae

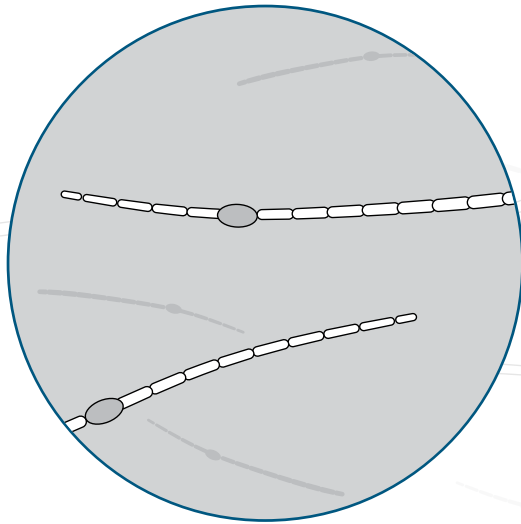


Descripción

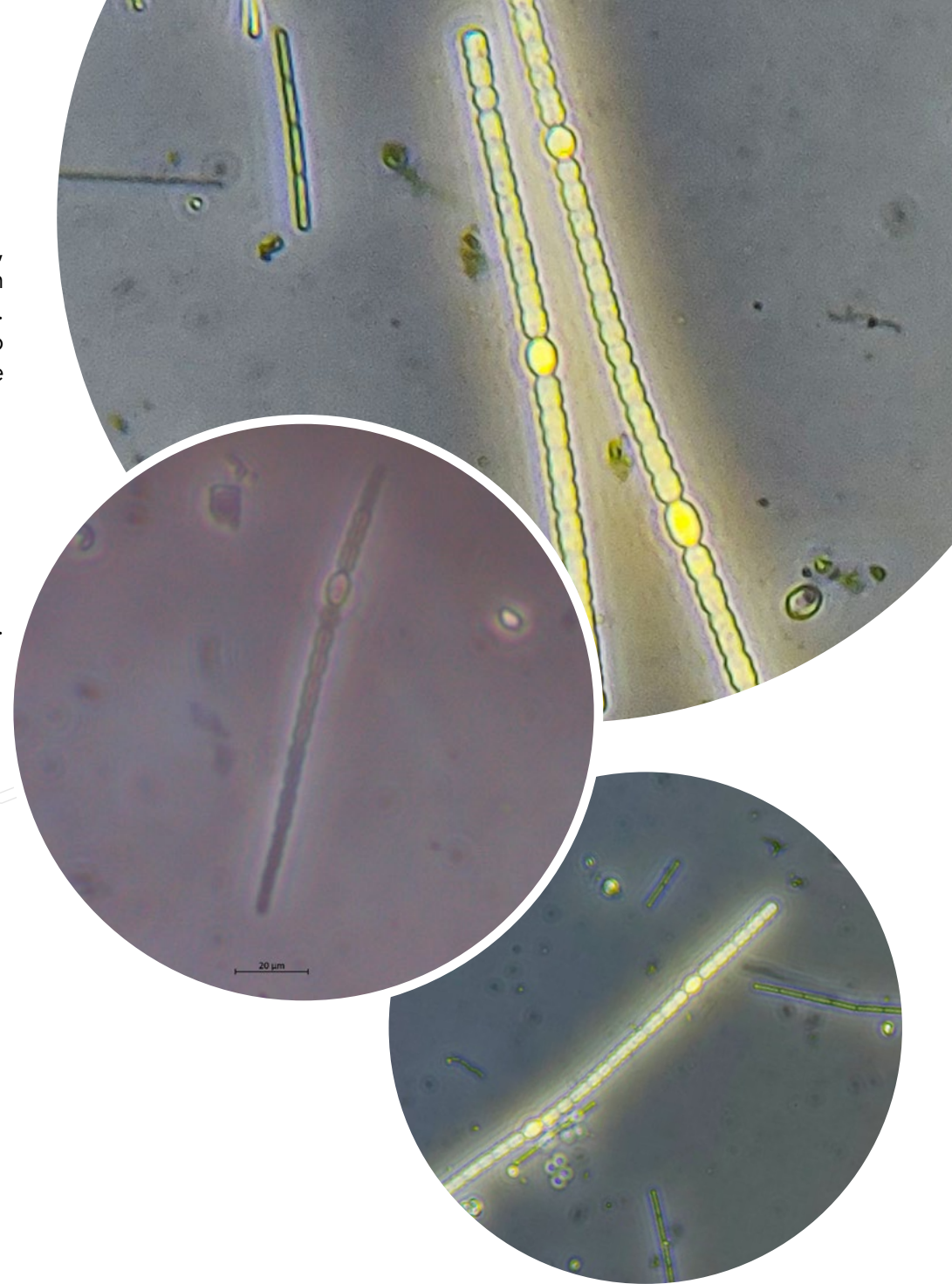
Los tricomas son azul verdoso, ligeramente curvos y solitarios, de 0.5-1 mm de largo, estrechándose hacia los extremos, con células de 4-5 μm de diámetro, 1-3 veces más largas que anchas. El heterocisto es globular o elipsoide, de 5-7 μm de diámetro y 8-12 μm de largo. Los acinetos ovalados tienen 12-14 μm de diámetro y 18-20 μm de largo.

Toxinas

- Anatoxinas, cilindropermopsinas, microcistinas, saxitoxinas.



Representación esquemática

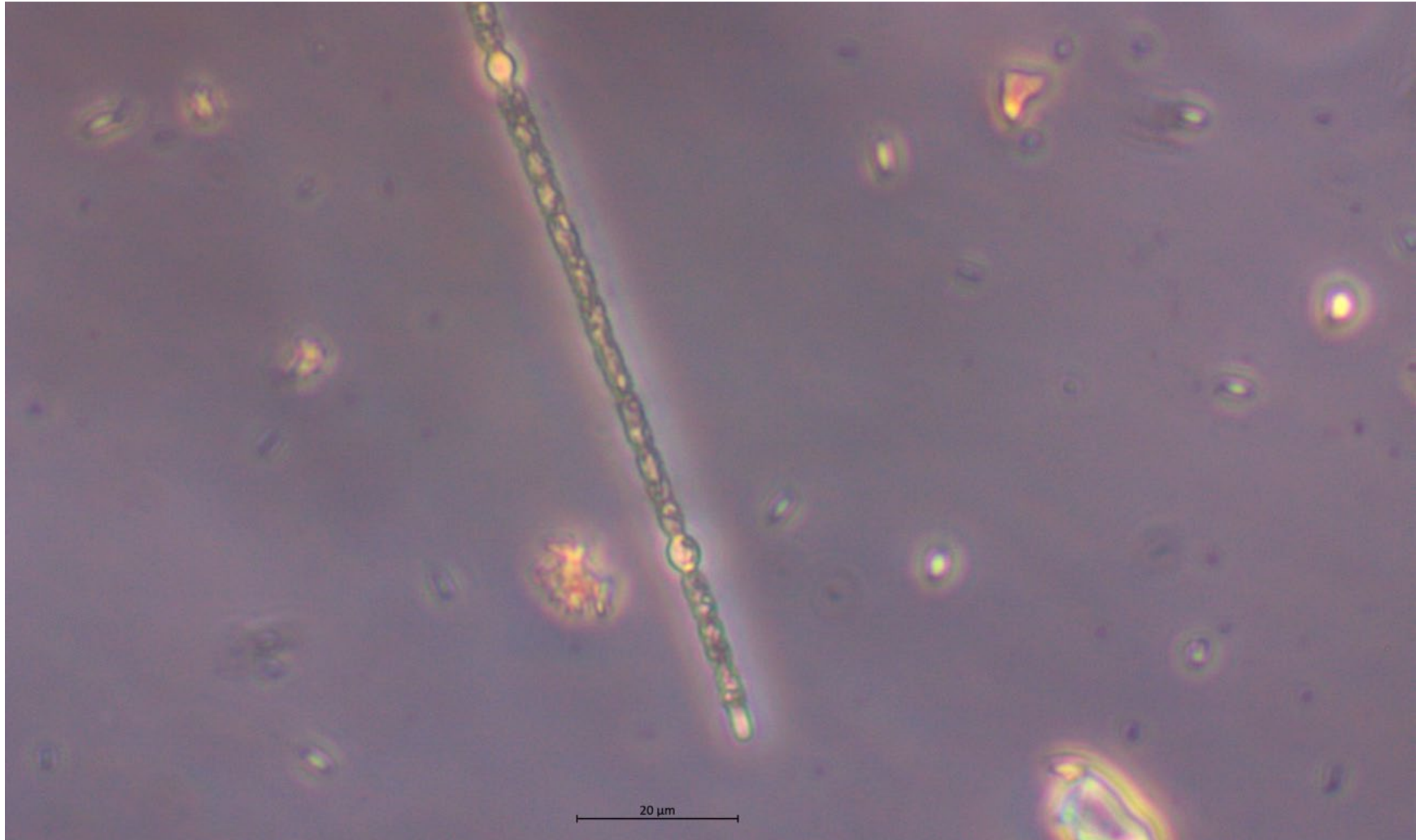


Aphanizomenon sp.

Morren ex Bornet & Flahault, 1886 '1888'

Orden: Nostocales

Familia: Aphanizomenonaceae

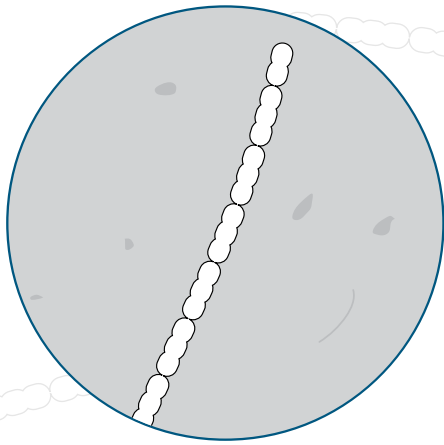


Descripción

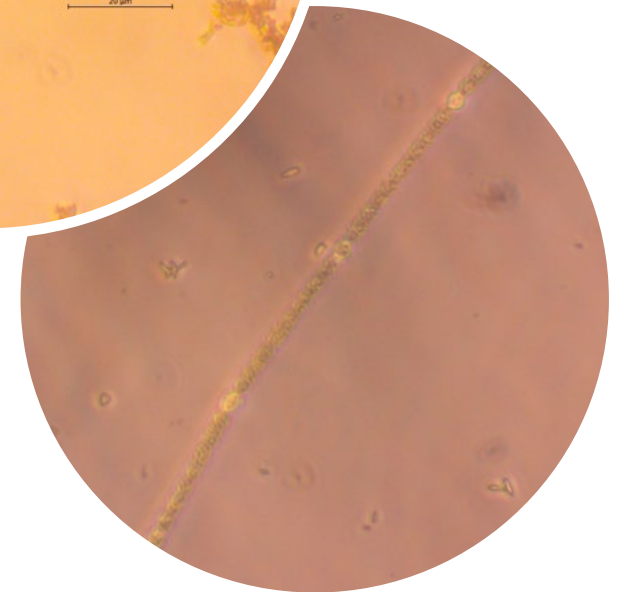
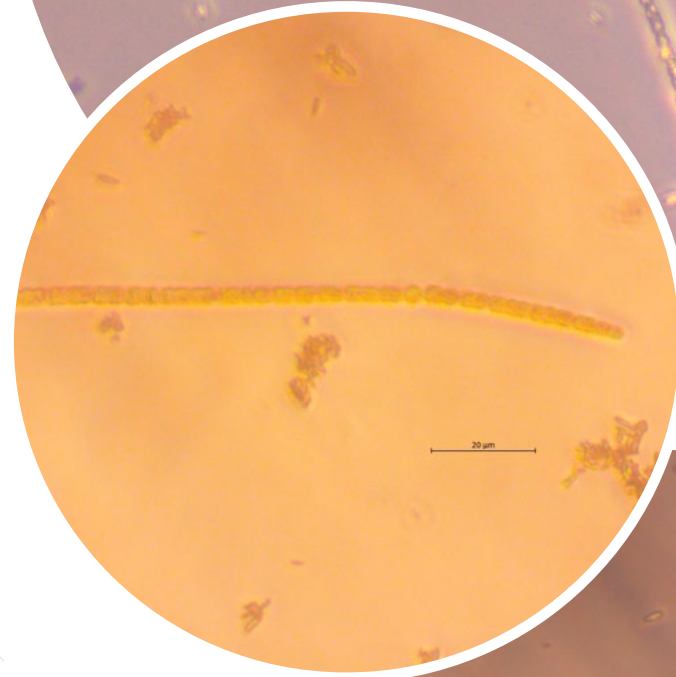
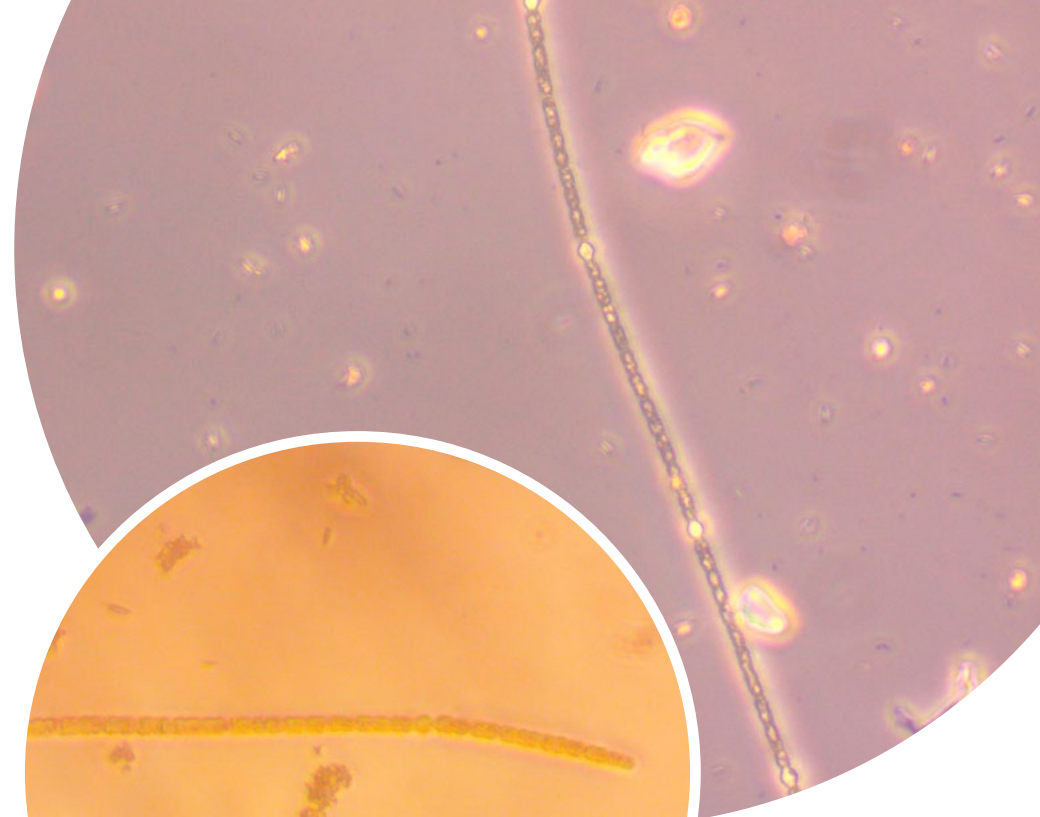
Tricomas rectos o ligeramente curvos o flexuosos, solitarios, sin vainas y solo a veces con una mucosidad muy fina e indistinta. Células cilíndricas, más o menos isodiamétricas o ligeramente más largas que anchas, raramente en forma de barril, alargadas hasta los extremos, obligatoriamente con vesículas de gas. Células terminales varias veces más largas que anchas, con contenido hialino o casi hialino, al final redondeadas o aplanadas. Heterocitos exclusivamente intercalares (sólo después de la desintegración es posible la posición terminal), más o menos cilíndricos, del mismo ancho que las células vegetativas, generalmente 1, raramente 2(-4) en un tricoma. Acinetos intercalares, cilíndricos (en esta especie casi esféricos), solitarios o muy raramente (excepcionalmente) en pares, distantes de los heterocitos, varias veces más grandes que las células vegetativas, desarrollándose después de la fusión de varias células vegetativas; solo se desarrolla un acineto en un tricoma.

Toxinas

- Anatoxinas, cilindrospermopsinas, microcistinas, saxitoxinas.



Representación esquemática

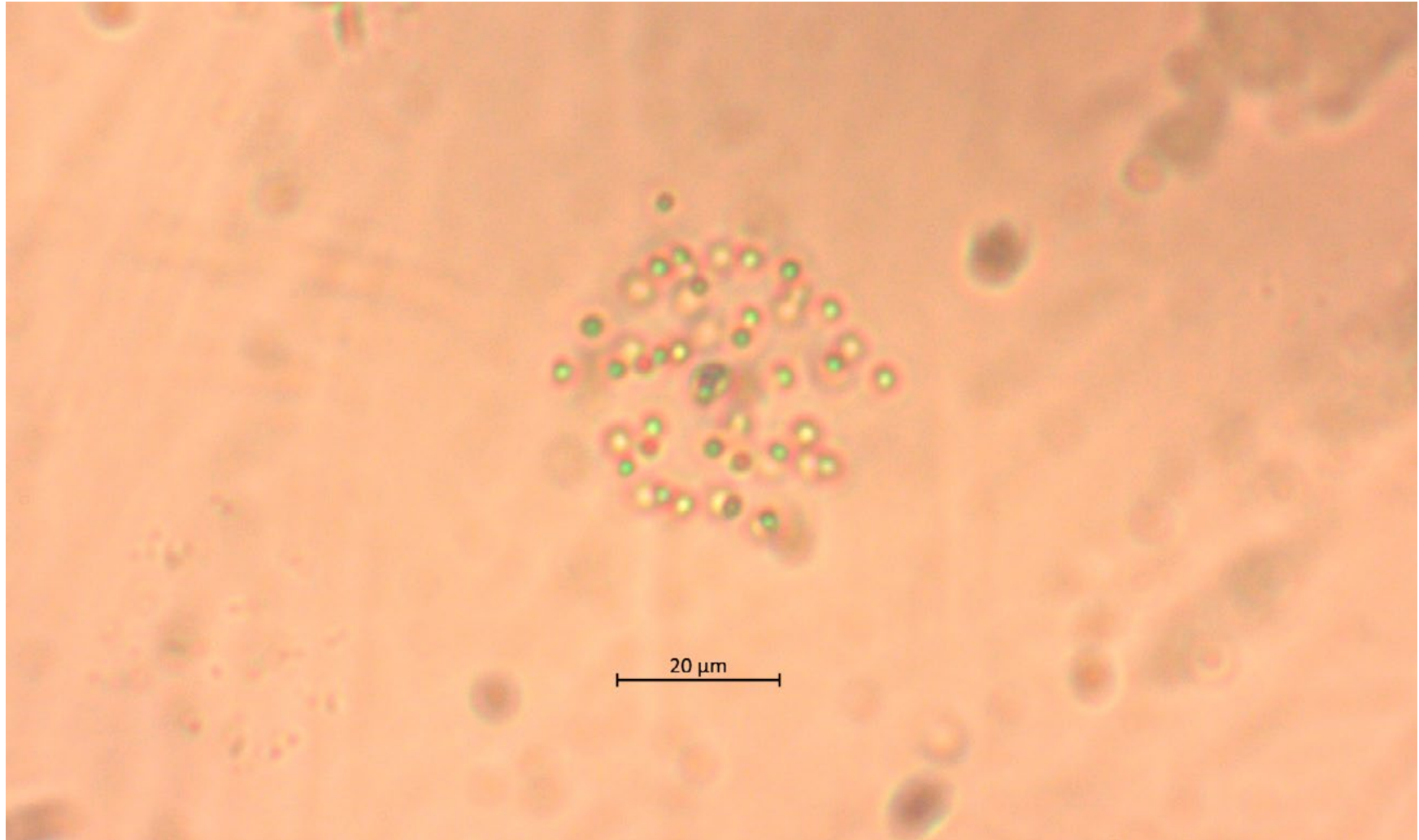


Aphanocapsa cf. delicatissima

West & G.S.West 1912

Orden: Synechococcales

Familia: Merismopediaceae

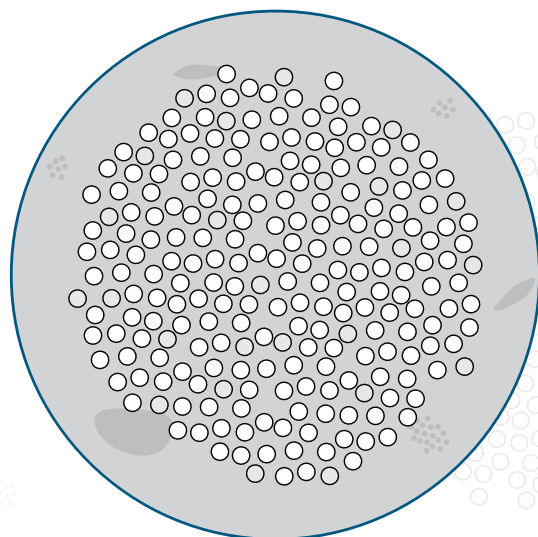


Descripción

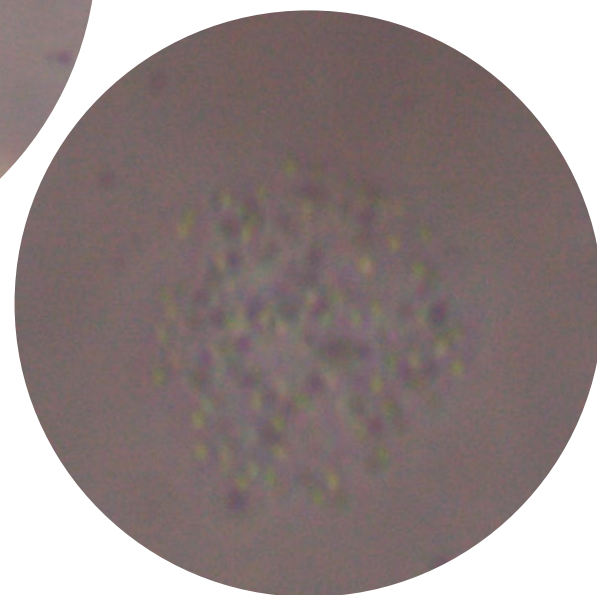
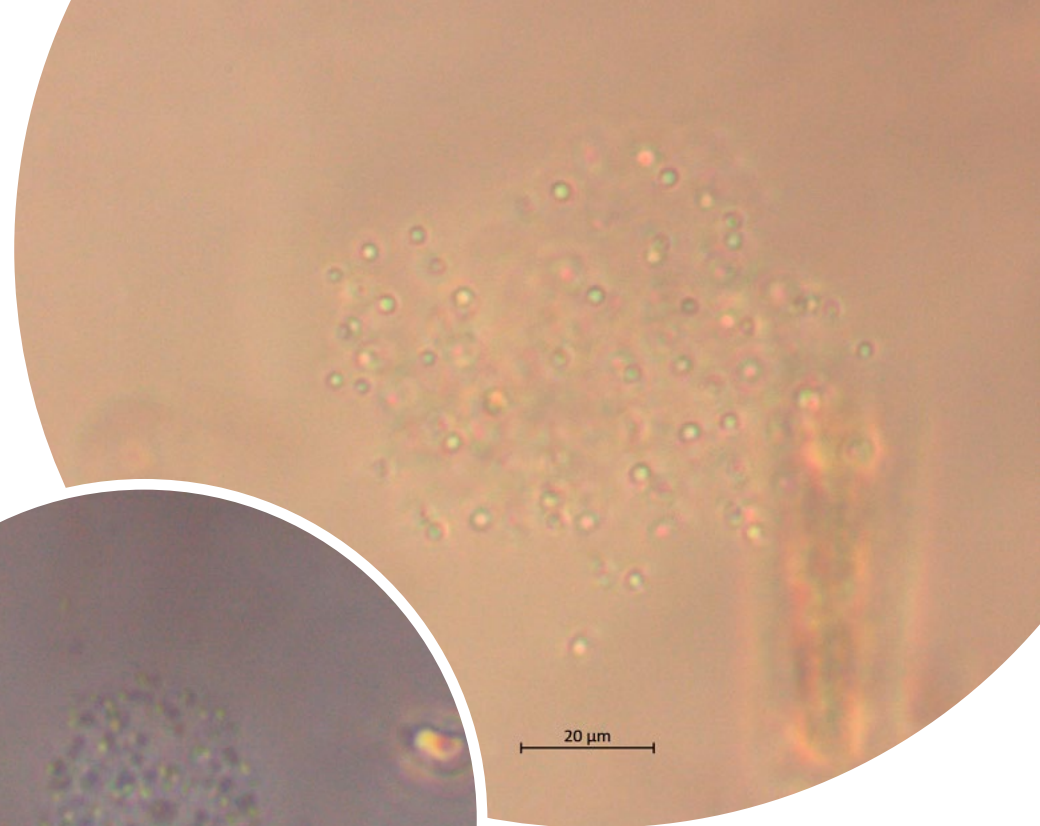
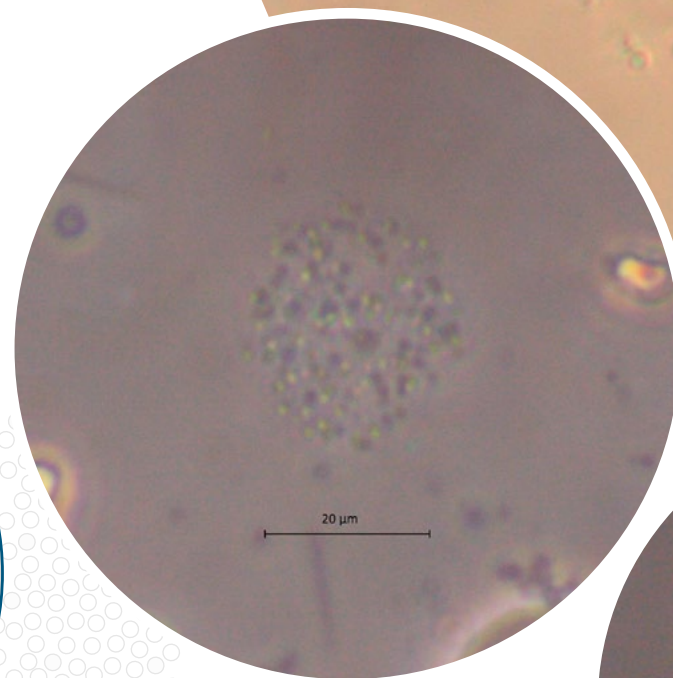
Colonias redondeadas, alargadas o irregulares. Mucilago hialino difluente. Células esféricas poco acotadas de 0.8-1 μm de diámetro; sin aerotopos (Sant'Anna et al. 2004).

Toxinas

- Nodularina (Jakubowska & Szelag 2015),
microcistina (Mariani et al. 2015).



Representación esquemática

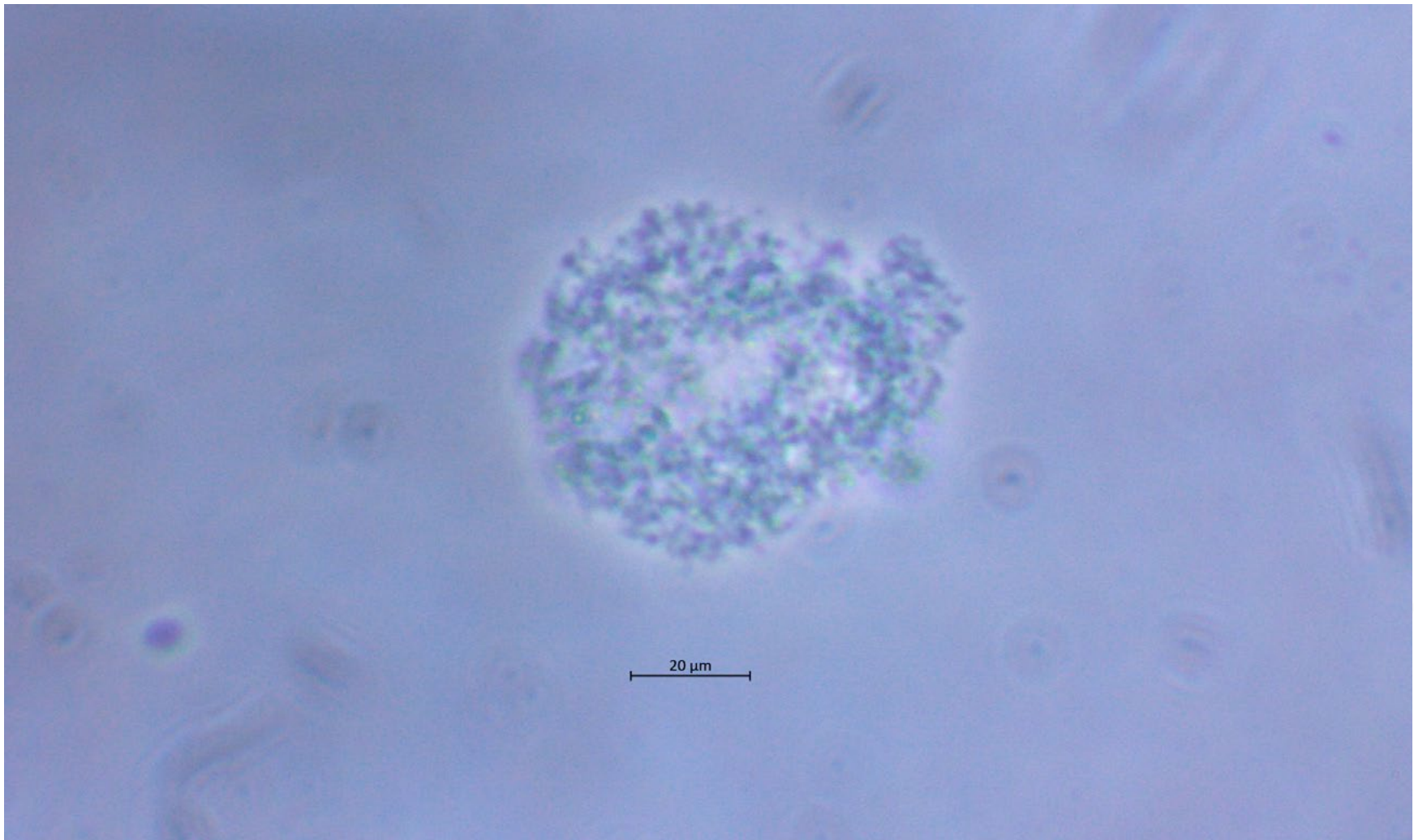


Aphanocapsa incerta

(Lemmermann) G.Cronberg & Komárek

Orden: Synechococcales

Familia: Merismopediaceae

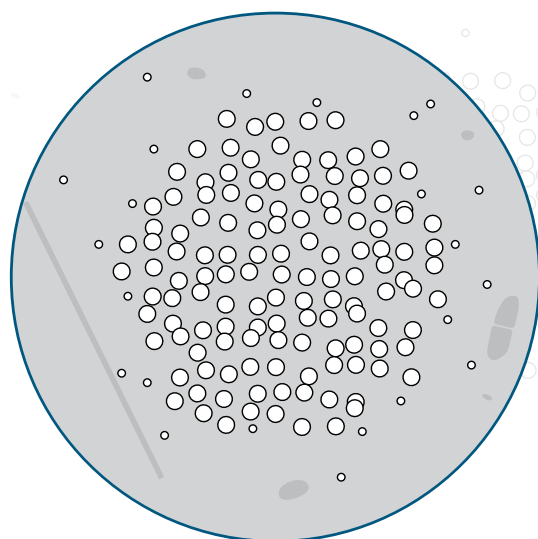


Descripción

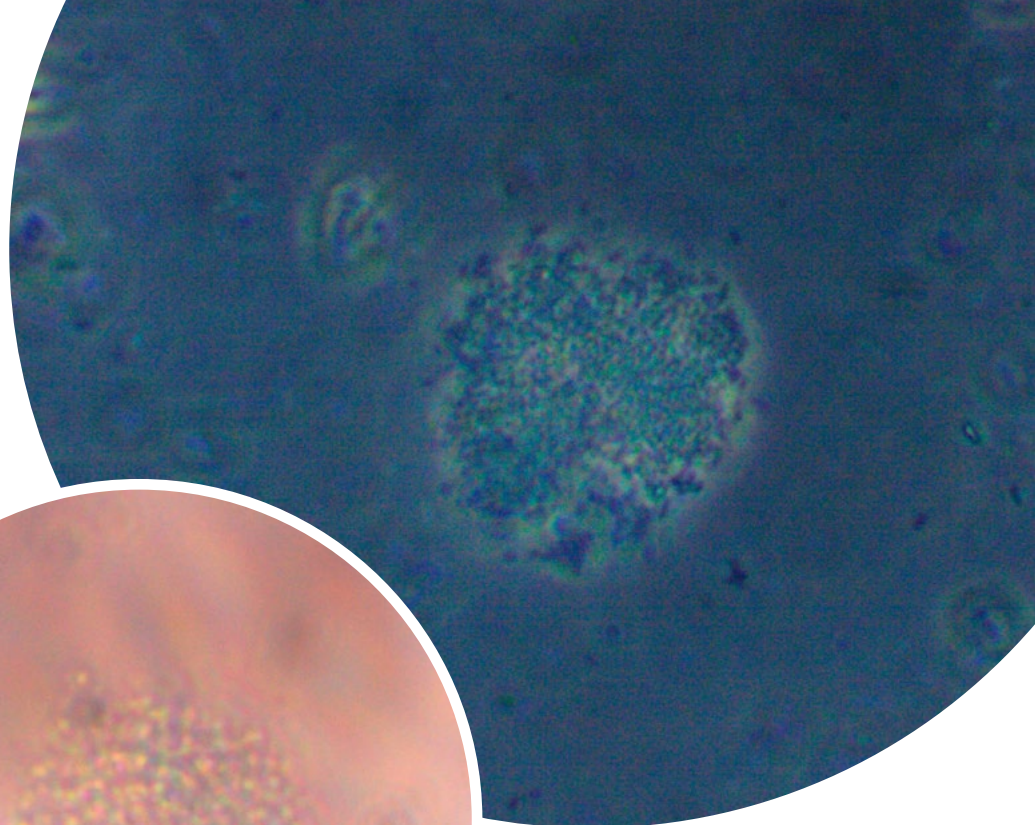
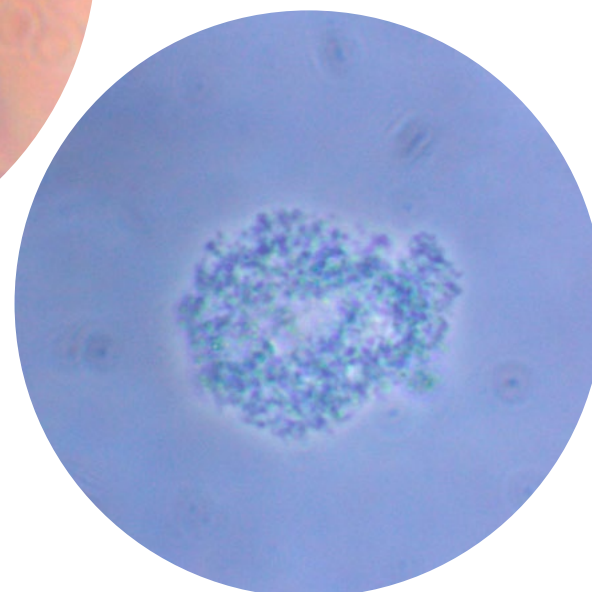
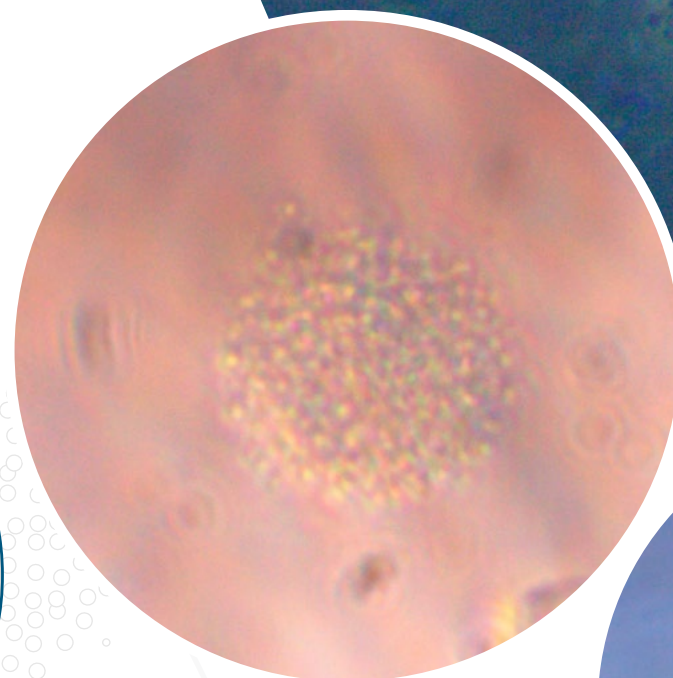
Colonias microscópicas, esféricas, en ocasiones ligeramente aplanadas e irregulares; con una gran cantidad de células irregulares y densamente agregadas. El mucílago es incoloro o ligeramente amarillo. Células esféricas con un diámetro de 0.5-2.0 (-2.7) μm (Park 2012).

Toxinas

- Nodularina (Jakubowska & Szlag 2015),
microcistina (Mariani et al. 2015).



Representación esquemática

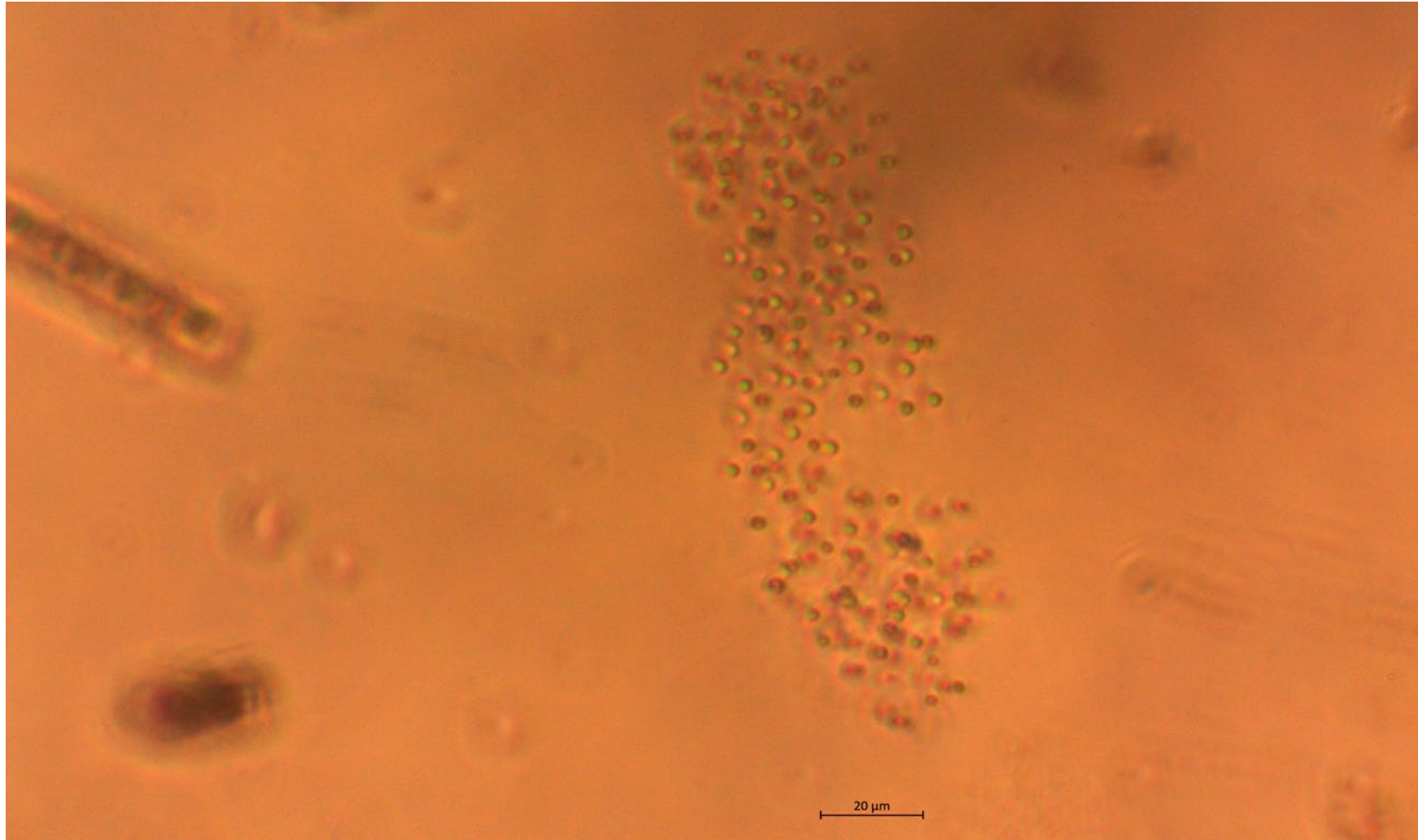


Aphanocapsa cf. planctonica

(G.M. Smith) Komárek & Anagnostidis 1995.

Orden: Chroococcales

Familia: Microcystaceae

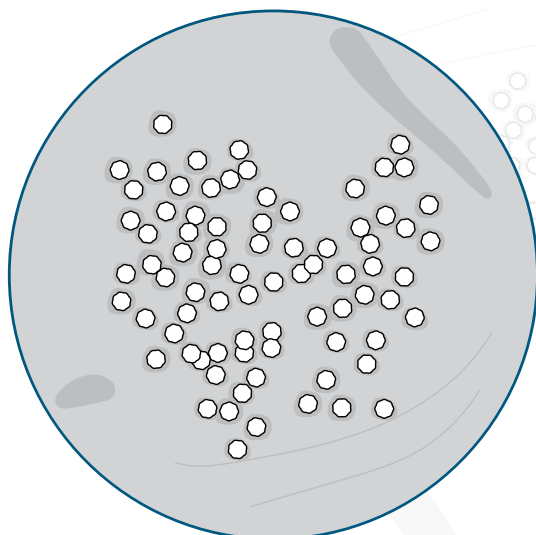


Descripción

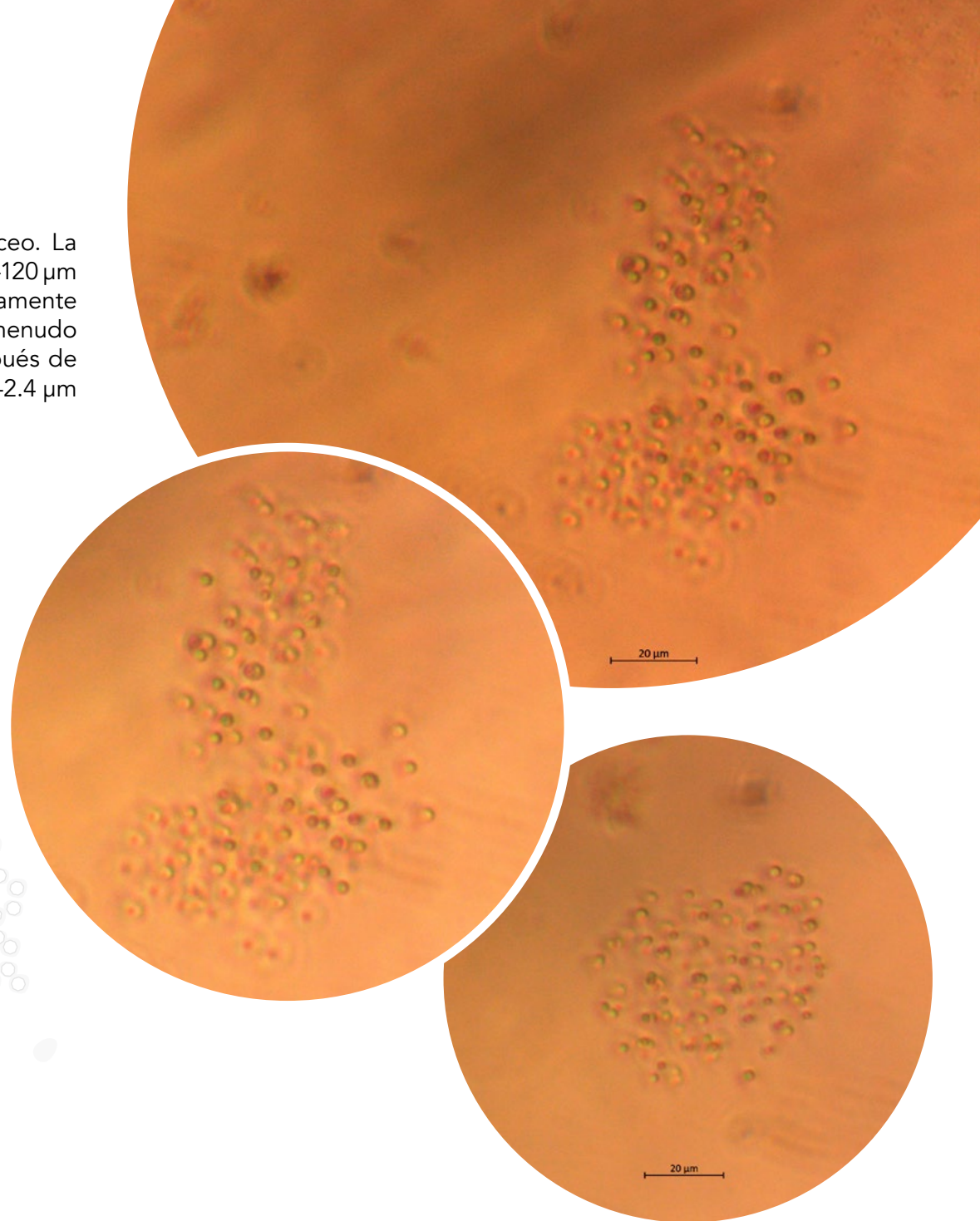
Las colonias son de color verde azulado a verde grisáceo. La forma de las colonias es casi esférica o elíptica, de unos 20-120 μm de diámetro. La distancia entre las células es aproximadamente 2-3 veces el diámetro de la célula. Células globulares, a menudo 2 células hemisféricas adyacentes inmediatamente después de la división, sin vesículas de gas, de aproximadamente 1.8-2.4 μm de diámetro.

Toxinas

- No se reporta.



Representación esquemática

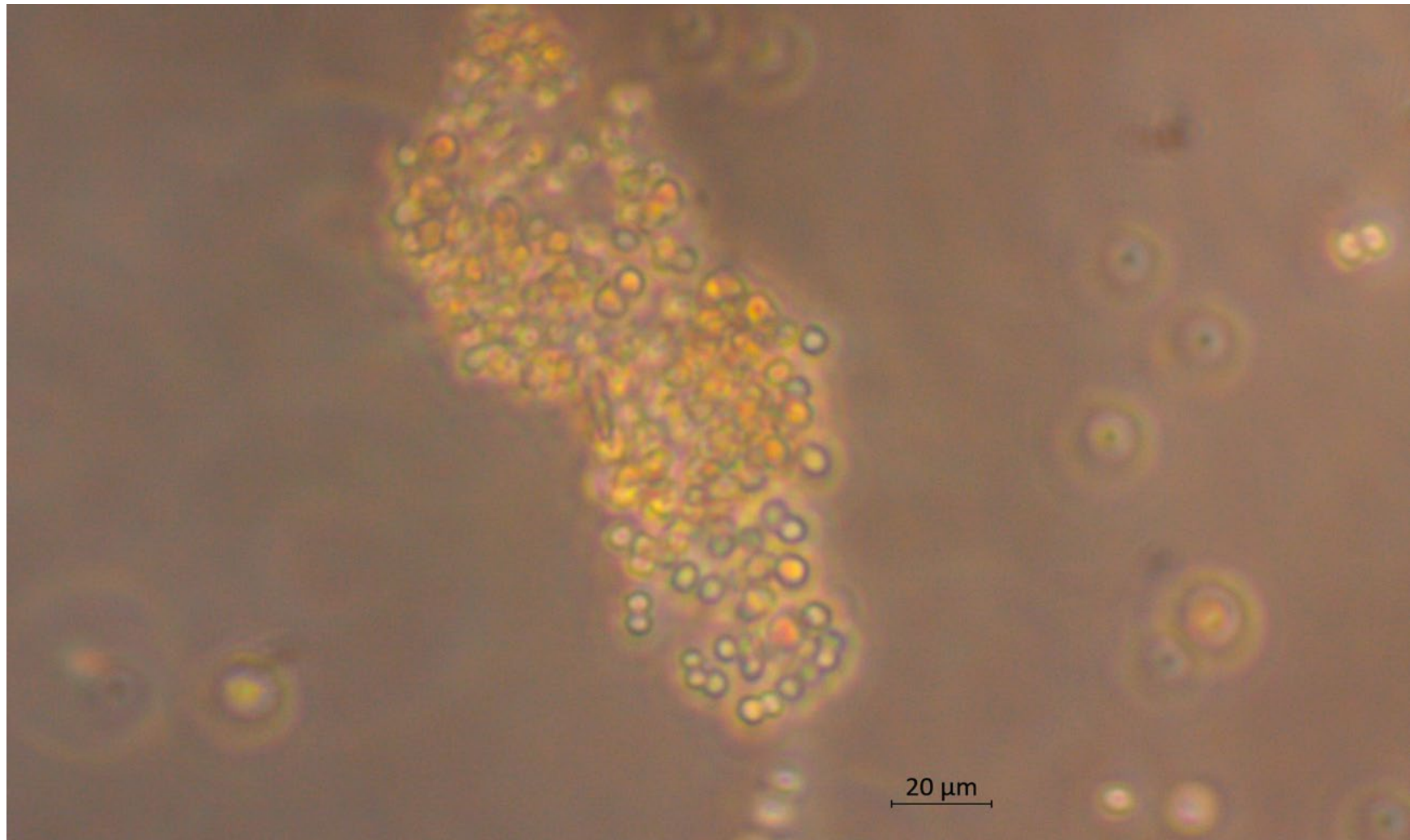


Aphanocapsa sp.

Nägeli 1849

Orden: Synechococcales

Familia: Merismopediaceae

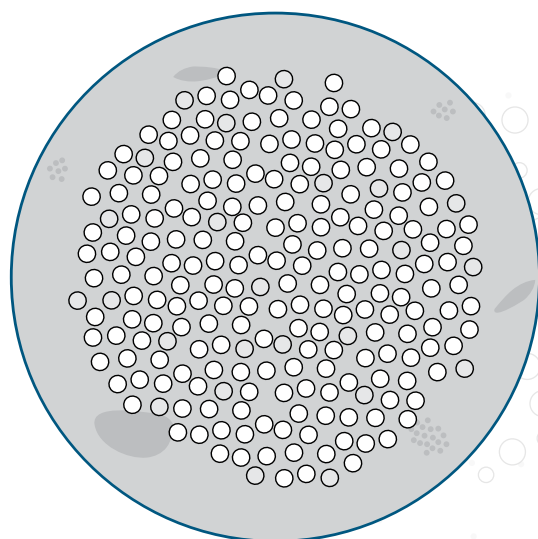


Descripción

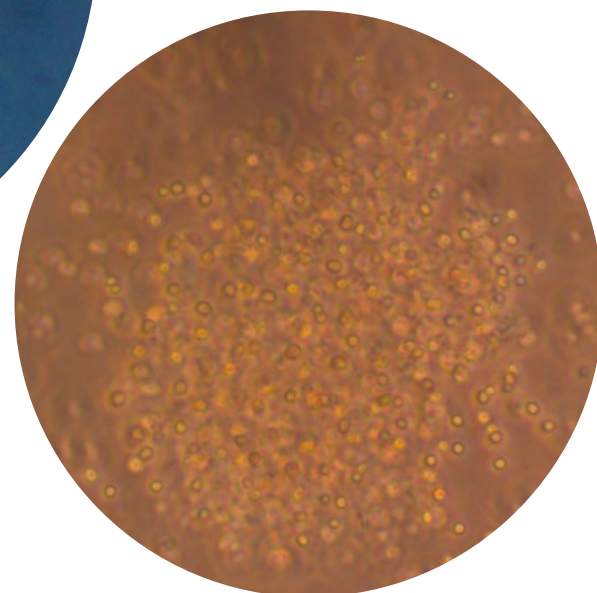
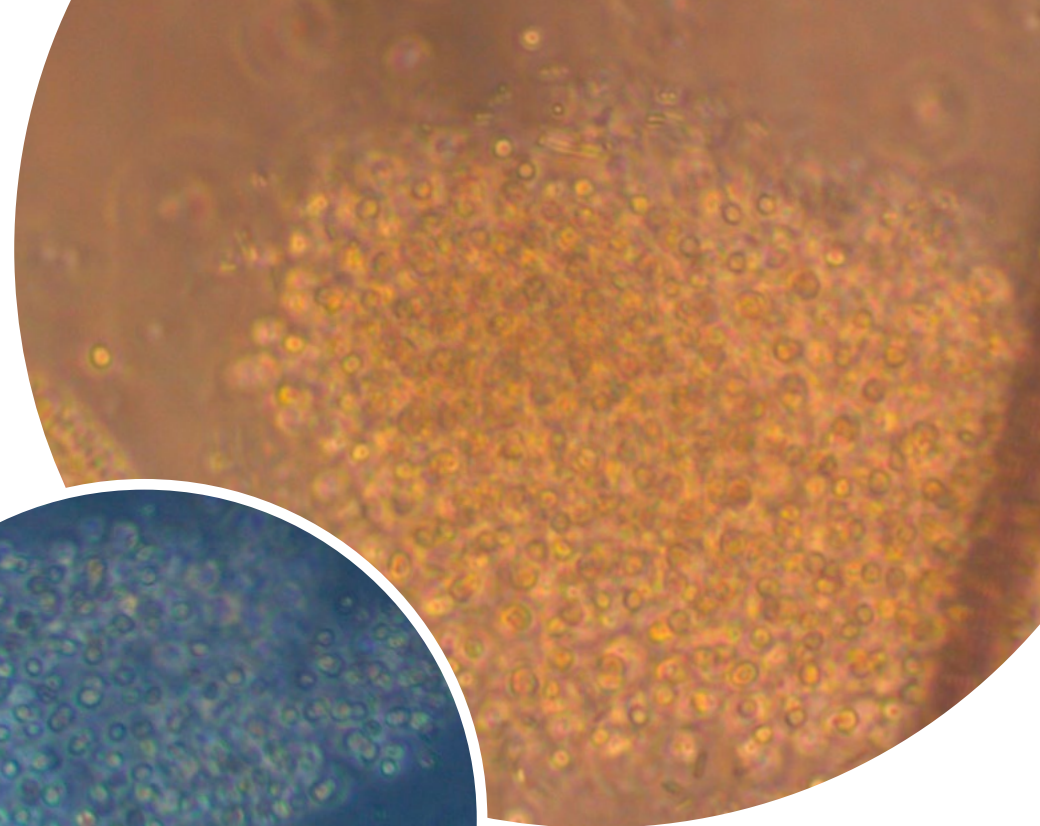
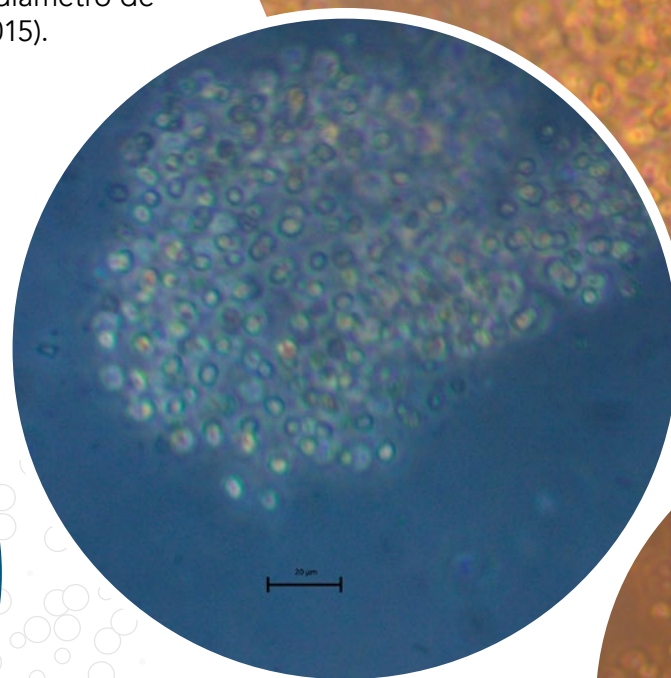
Cianobacterias coloniales microscópicas, con células más o menos esféricas o planas; las células pueden estar escasamente o densamente distribuidas en el mucilago (Cronberg & Annadotter 2006), dispuestas de forma irregular. El mucilago es principalmente homogéneo e incoloro, generalmente con un margen difuso, rara vez delimitado. Células con un diámetro de 0.4-6(12) μm ; no presentan aerotopos (Wehr et al. 2015).

Toxinas

- Microcistina (Stoyneva et al. 2017).



Representación esquemática

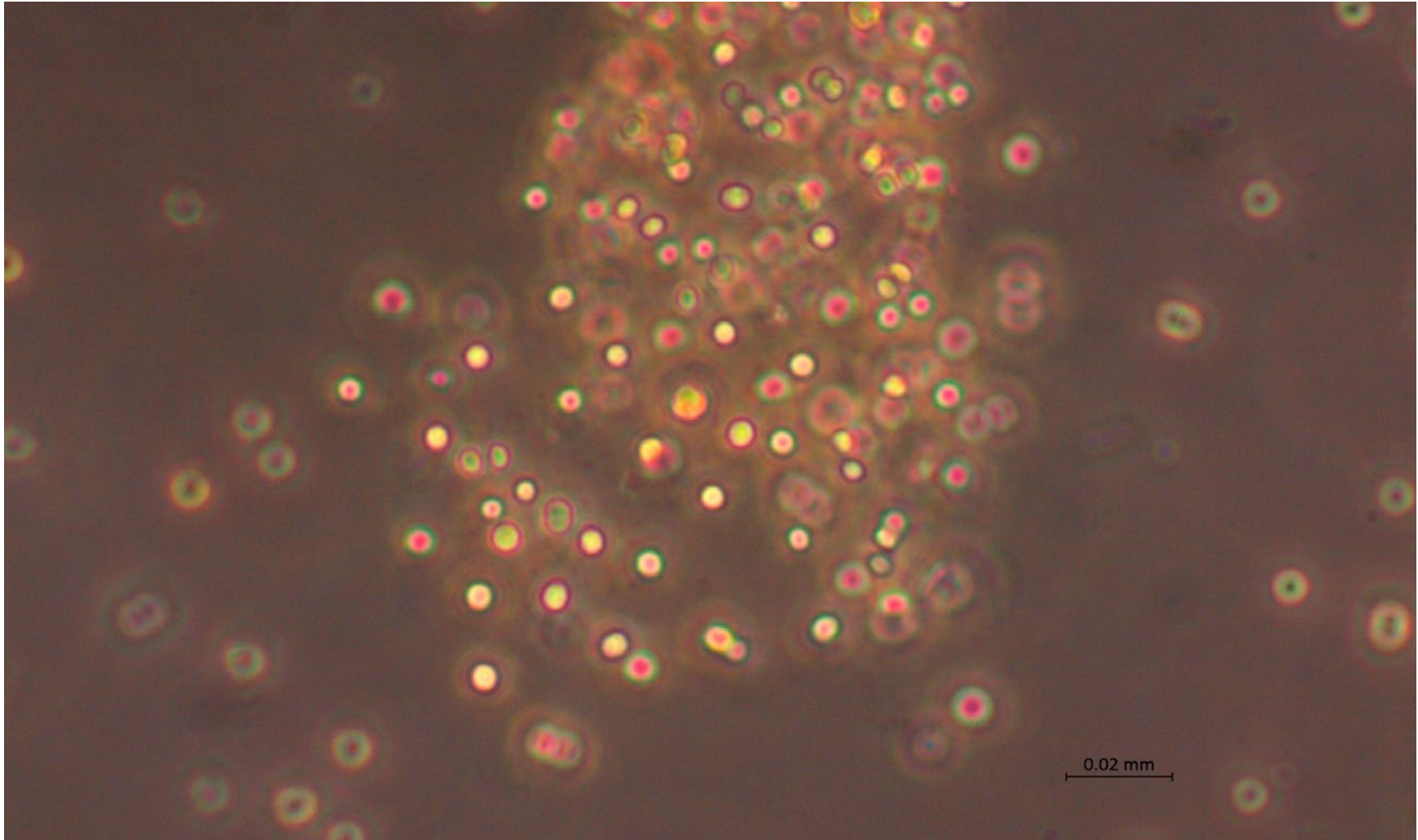


Chroococcus dispersus

(Keissler) Lemmermann

Orden: Chroococcales

Familia: Chroococcaceae

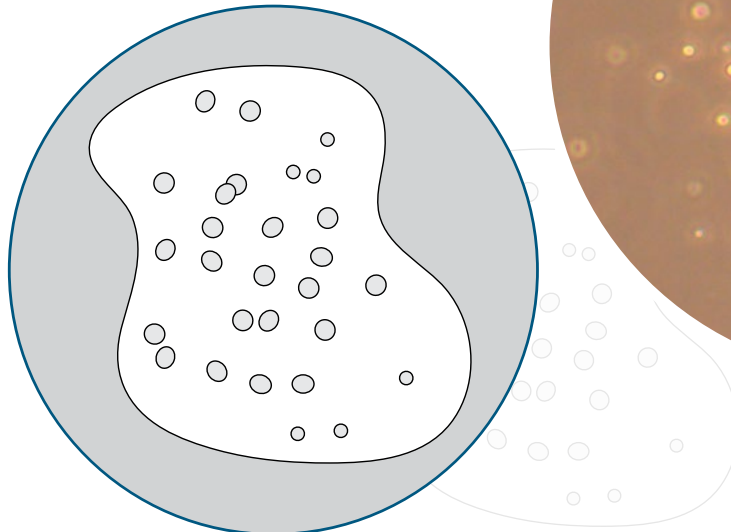


Descripción

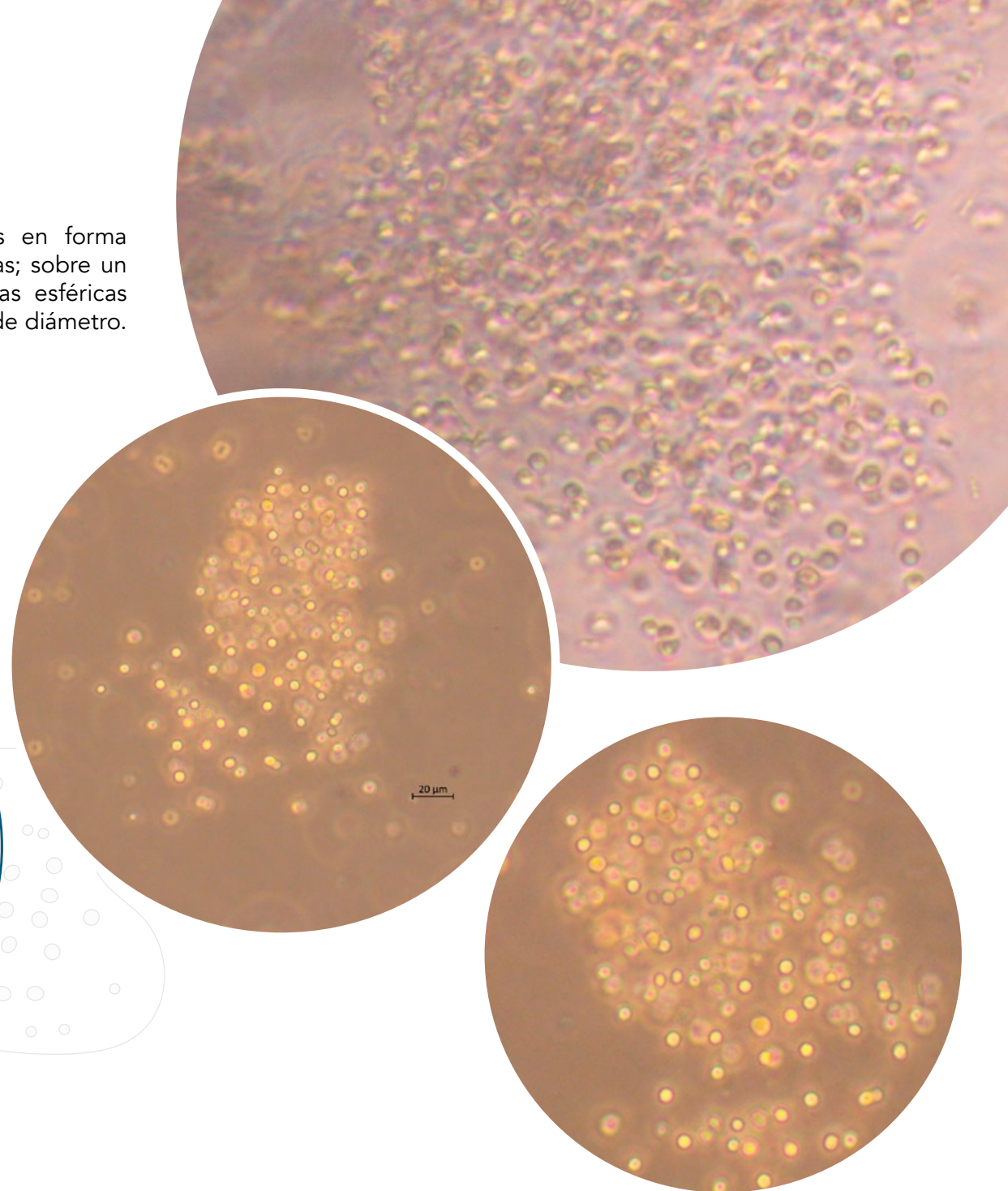
Cianobacterias plantónicas, que forman colonias en forma redondeadas o irregulares, de 4 a 16 o más células; sobre un mucílago hialino, con márgenes claros. Las células esféricas generalmente presentan un diámetro de 3.7-4 μm de diámetro. Presentan aerotopos (Delazari et al. 2007).

Toxinas

- No se reporta producción de cianotoxinas.



Representación esquemática

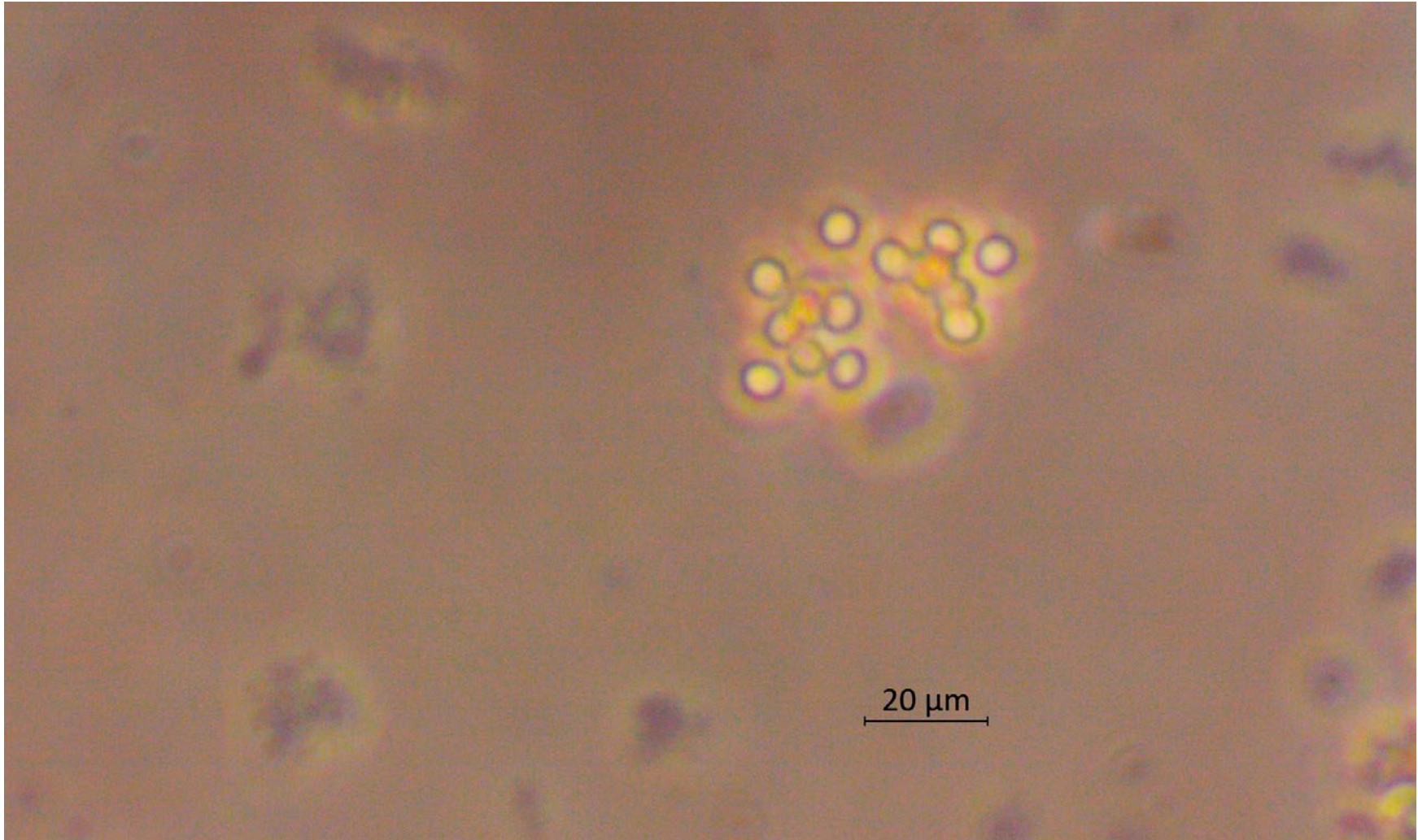


Chroococcus sp.

Nägeli, 1849

Orden: Chroococcales

Familia: Chroococcaceae

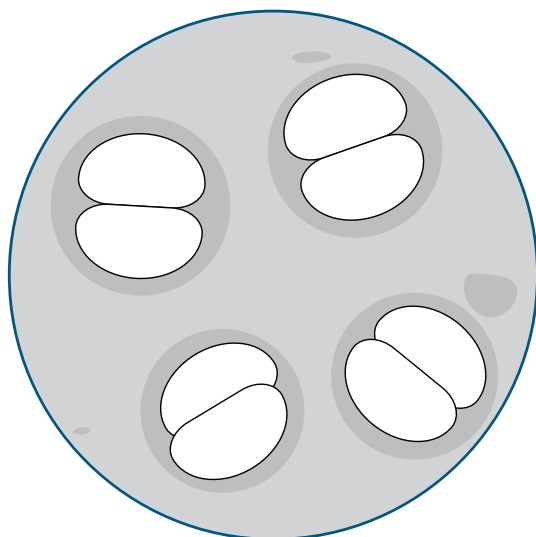


Descripción

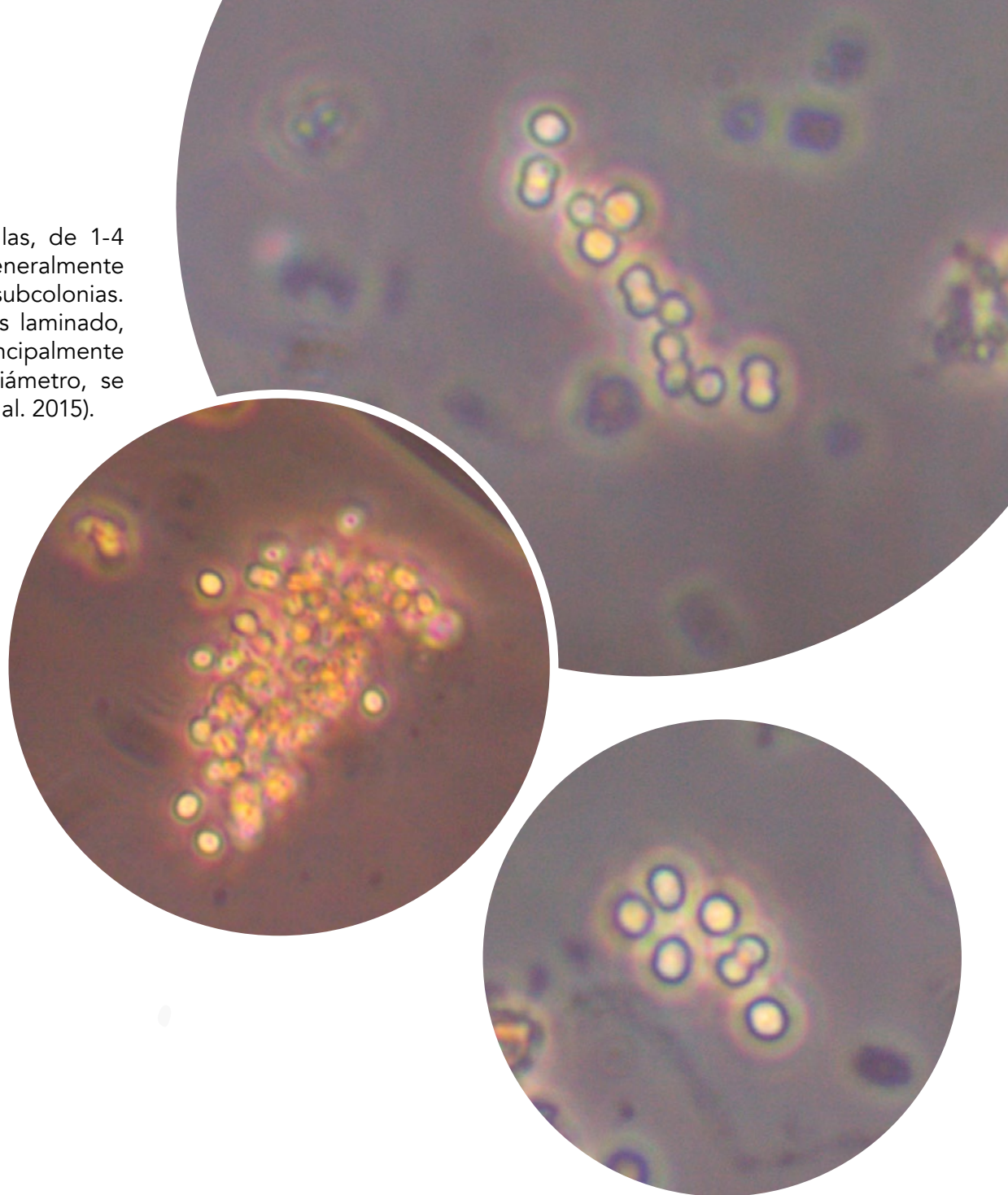
Las colonias contienen pequeños grupos de células, de 1-4 células, rodeadas de envolturas mucilaginosas, generalmente microscópicas, esféricas o compuestas de pocas subcolonias. Presentan mucílago incoloro o amarillento, a veces laminado, distinto o difuso en el margen. Las células son principalmente esféricas u ovaladas, de hasta 30 (50) μm de diámetro, se reproducen por fragmentación de colonias (Wehr et al. 2015).

Toxinas

- Microcistina (Pearson et al. 2010), (Campos et al. 2007).



Representación esquemática

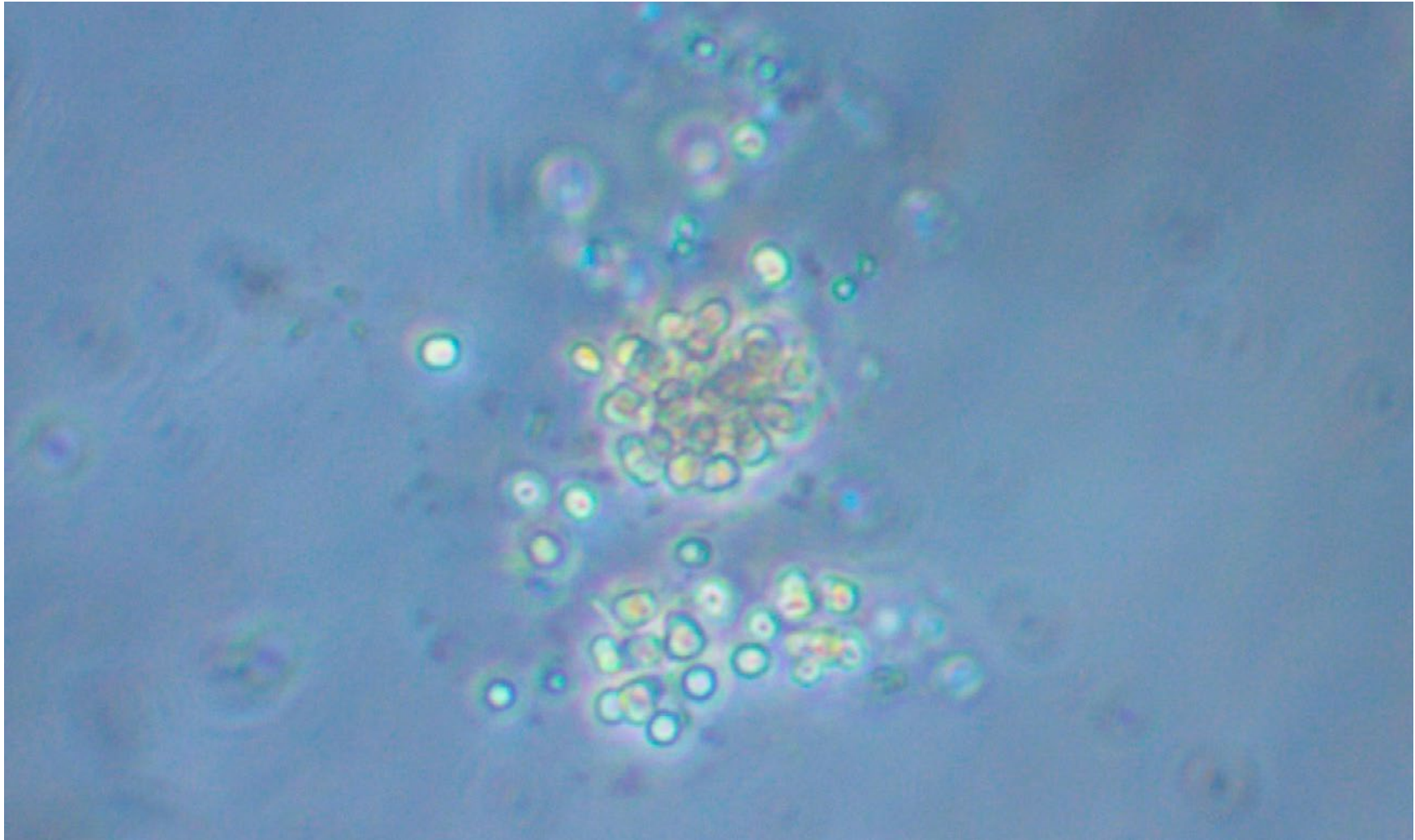


Coelomoron sp.

Buell 1938

Orden: Synechococcales

Familia: Coelosphaeriaceae

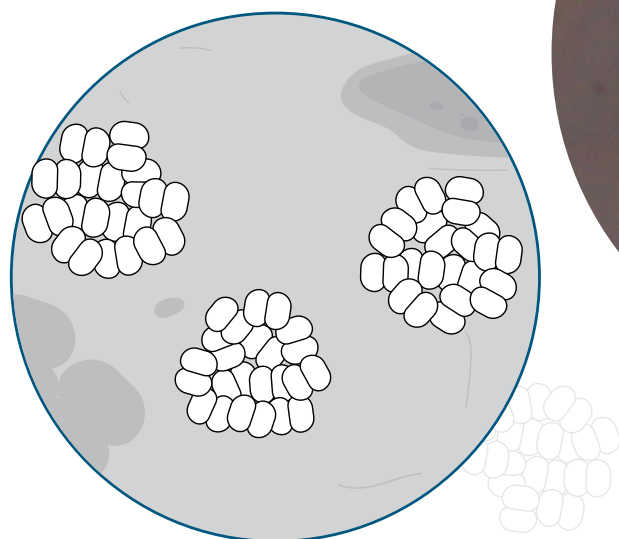


Descripción

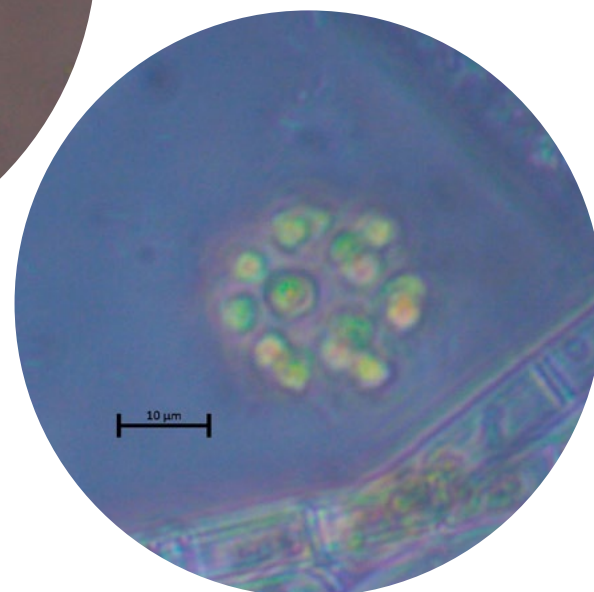
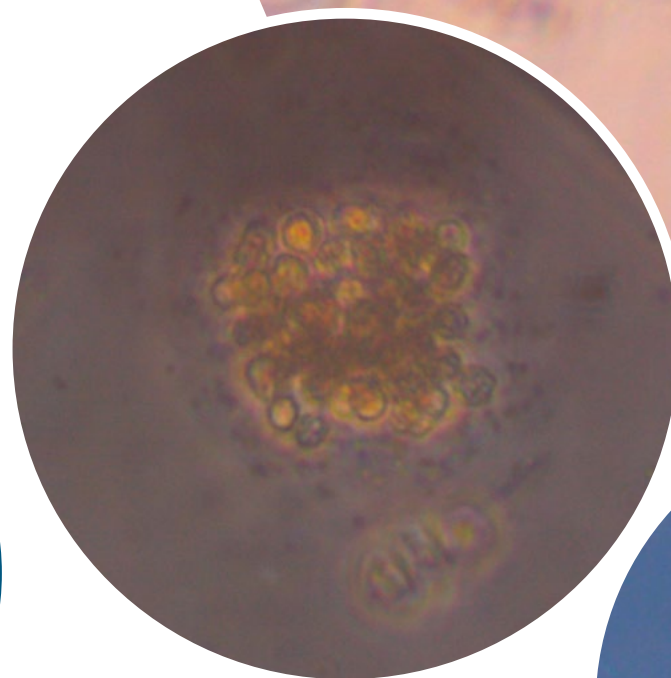
Colonias microscópicas, células esféricas, con células dispuestas más o menos periféricas. El mucílago es fino, homogéneo e incoloro y generalmente difuso en el margen, generalmente está más densamente agrupados en el centro. Células de $1-6.5 \times 0.8-4\mu\text{m}$. Presentan distintos aerotopos (Wehr et al. 2015).

Toxinas

- Para este género no se ha reporta producción de cianotoxinas.



Representación esquemática

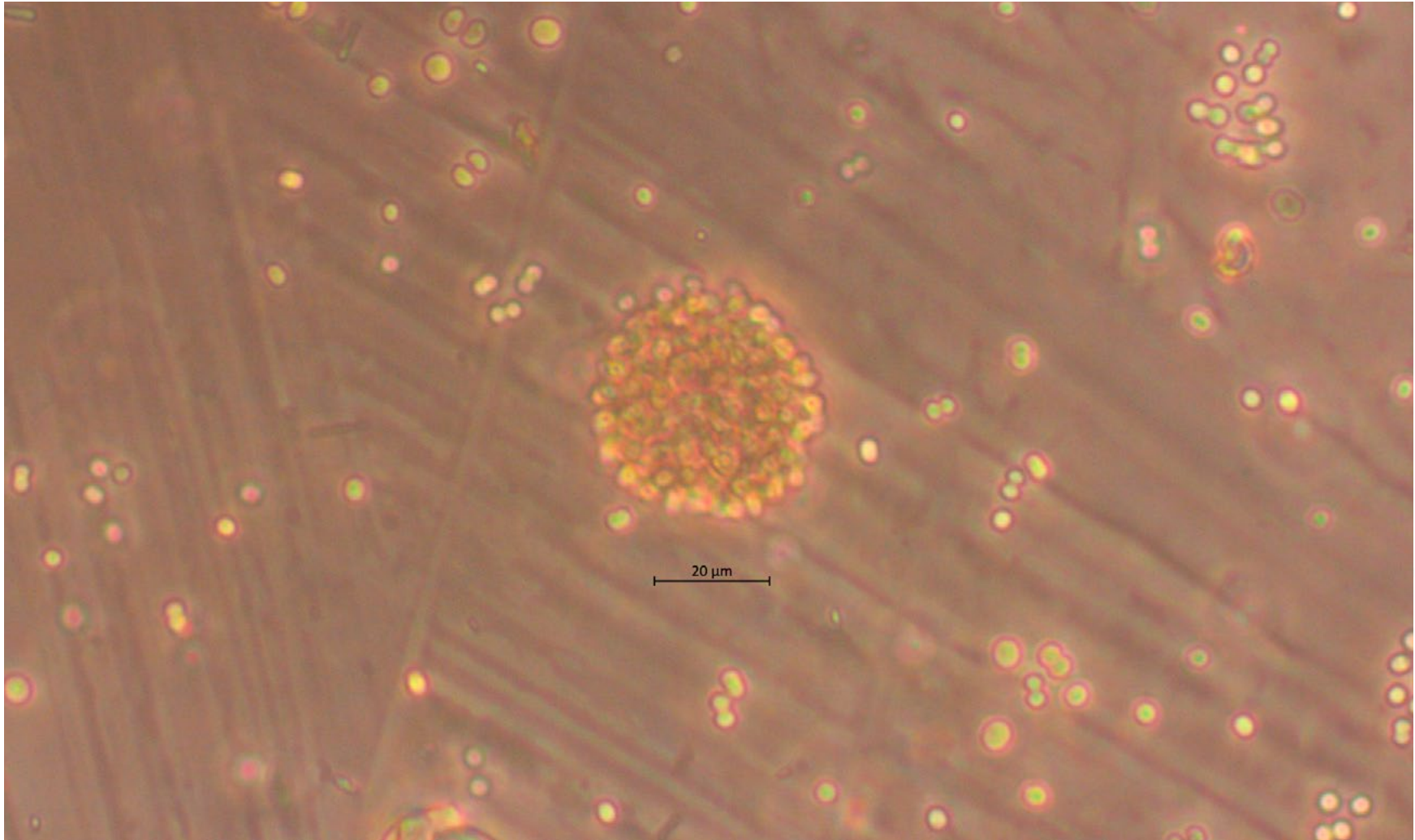


Coelosphaerium sp.

Nägeli, 1849

Orden: Synechococcales

Familia: Coelosphaeriaceae

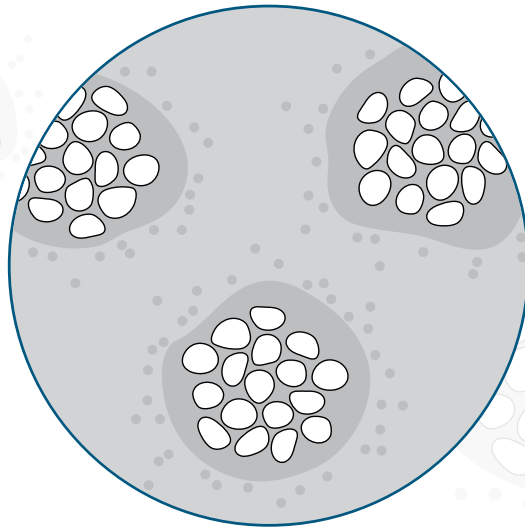


Descripción

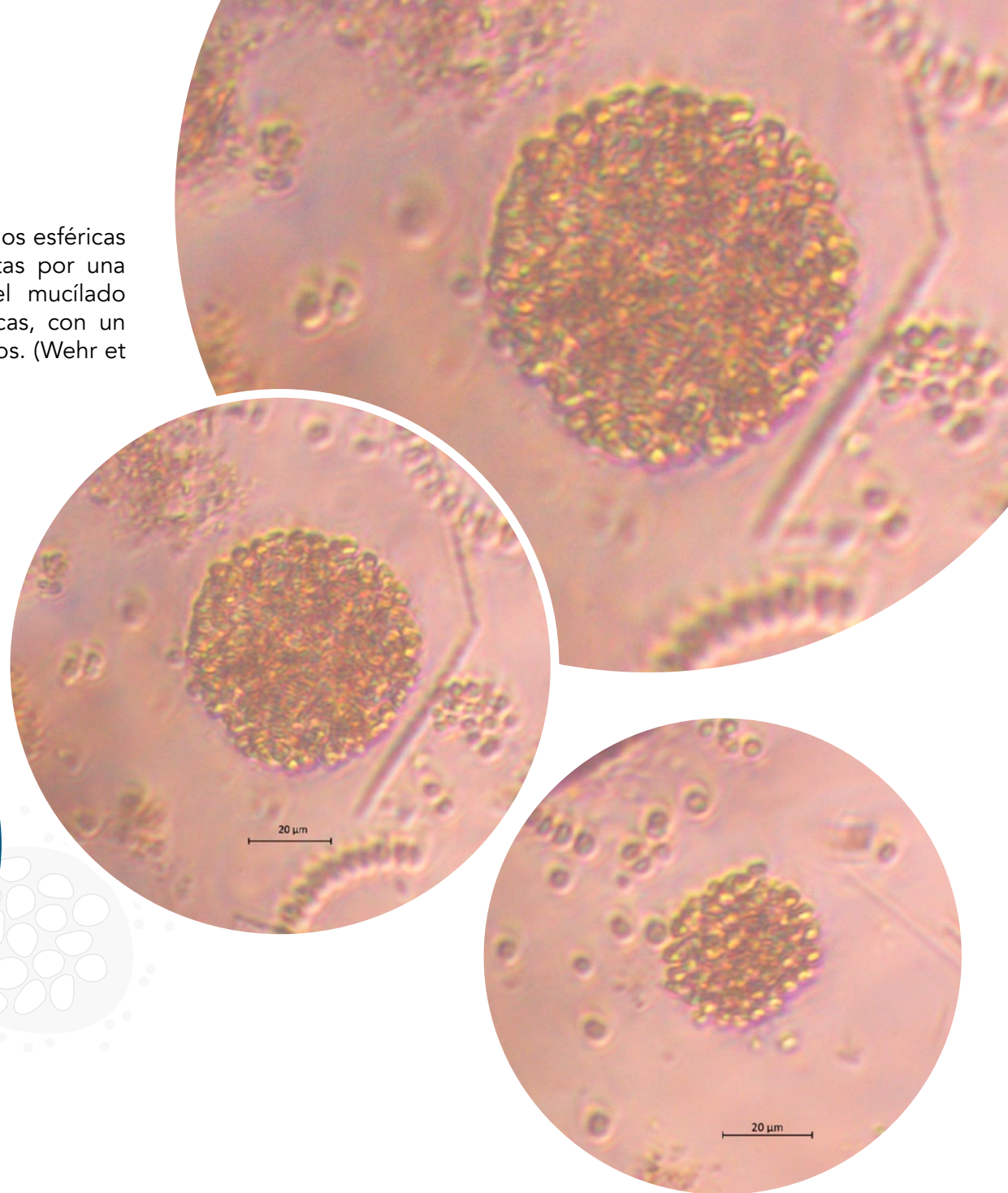
Cianobacterias coloniales microscópicas más o menos esféricas u ovaladas, raramente compuestas; están envueltas por una capa mucilaginosa fina, lisa (McGregor 2013); el mucílago es incoloro y homogéneo. Las células son esféricas, con un diámetro aproximadamente de 1-7 μm , sin aerotopos. (Wehr et al. 2015).

Toxinas

- Saxitoxina (Mariani et al. 2015).



Representación esquemática



Dolichospermum cf. affinis

(Lemmermann) Wacklin, L. Hoffmann & Komárek 2009.

Orden: Nostocales

Familia: Aphanizomenonaceae

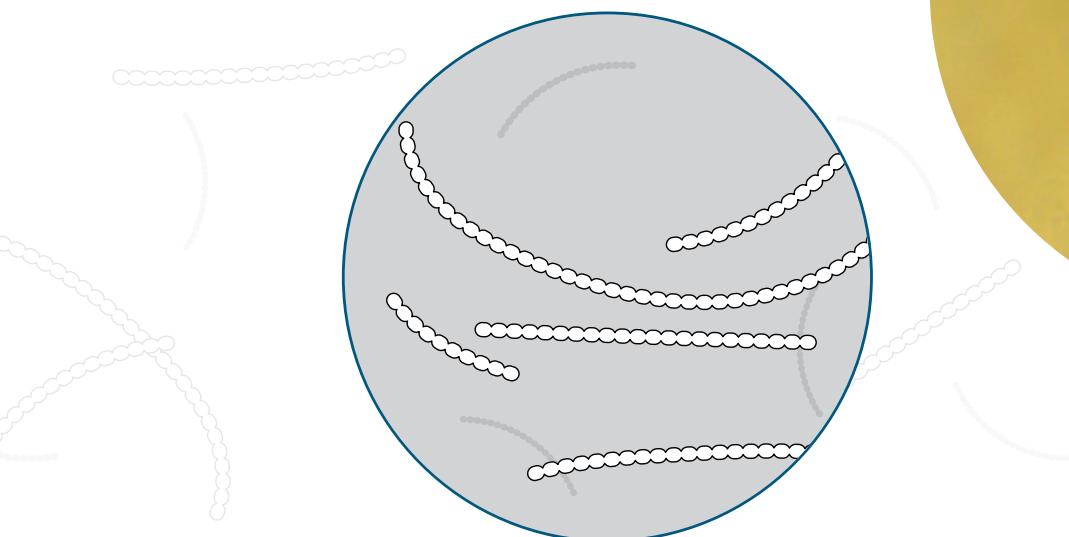


Descripción

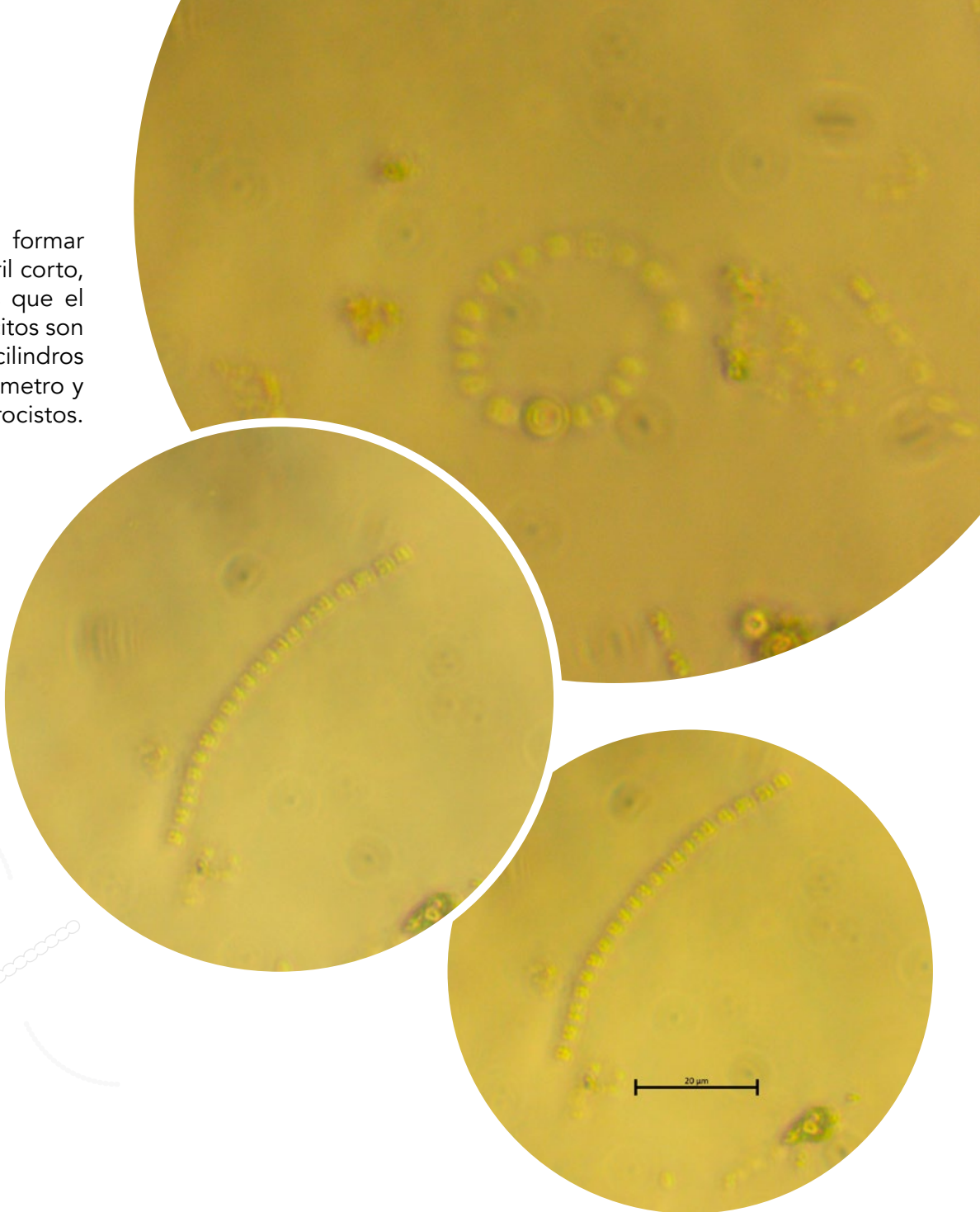
Muchos tricomas que se reúnen en paralelo para formar paquetes. Las células son globosas o con forma de barril corto, de 5 a 8 μm de diámetro, por lo general más cortas que el diámetro, pero el vértice suele ser alargado. Los heterocitos son esféricos, de 6.7 a 10 μm de diámetro. Los acinetos son cilindros largos de ovals a redondeados, de 9.5 a 13 μm de diámetro y de 15 a 27 μm de longitud, formados aparte de los heterocistos.

Toxinas

- Anatoxinas, cilindrospermopsinas, microcistinas, saxitoxinas.



Representación esquemática



Dolichospermum cf. flos-aquae

(Brébisson ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann
& J.Komárek.

Orden: Nostocales

Familia: Aphanizomenonaceae

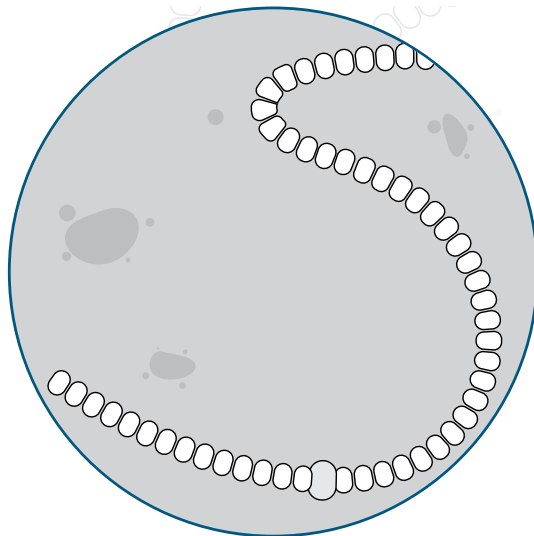


Descripción

Presenta tricomas moniliformes, irregulares espiralados a curvos, vaina mucilaginosa estrecha, difusa o ausente. Las células son esféricas en forma de barril de 4-10 μm de largo; con un diámetro de 4.0-8.8 μm . presentan aerotopos. Los heterocistos son esféricos a elipsoides de 13-20 μm de largo y con un diámetro de 6-13 μm . Los acinetos son lisos, oblongos a elípticos, aislados de 13-21 μm de largo, y con un diámetro de 5.7-12.5 μm (Nogueira et al. 2011).

Toxinas

- Anatoxina-a (Mariani et al. 2015).



Representación esquemática

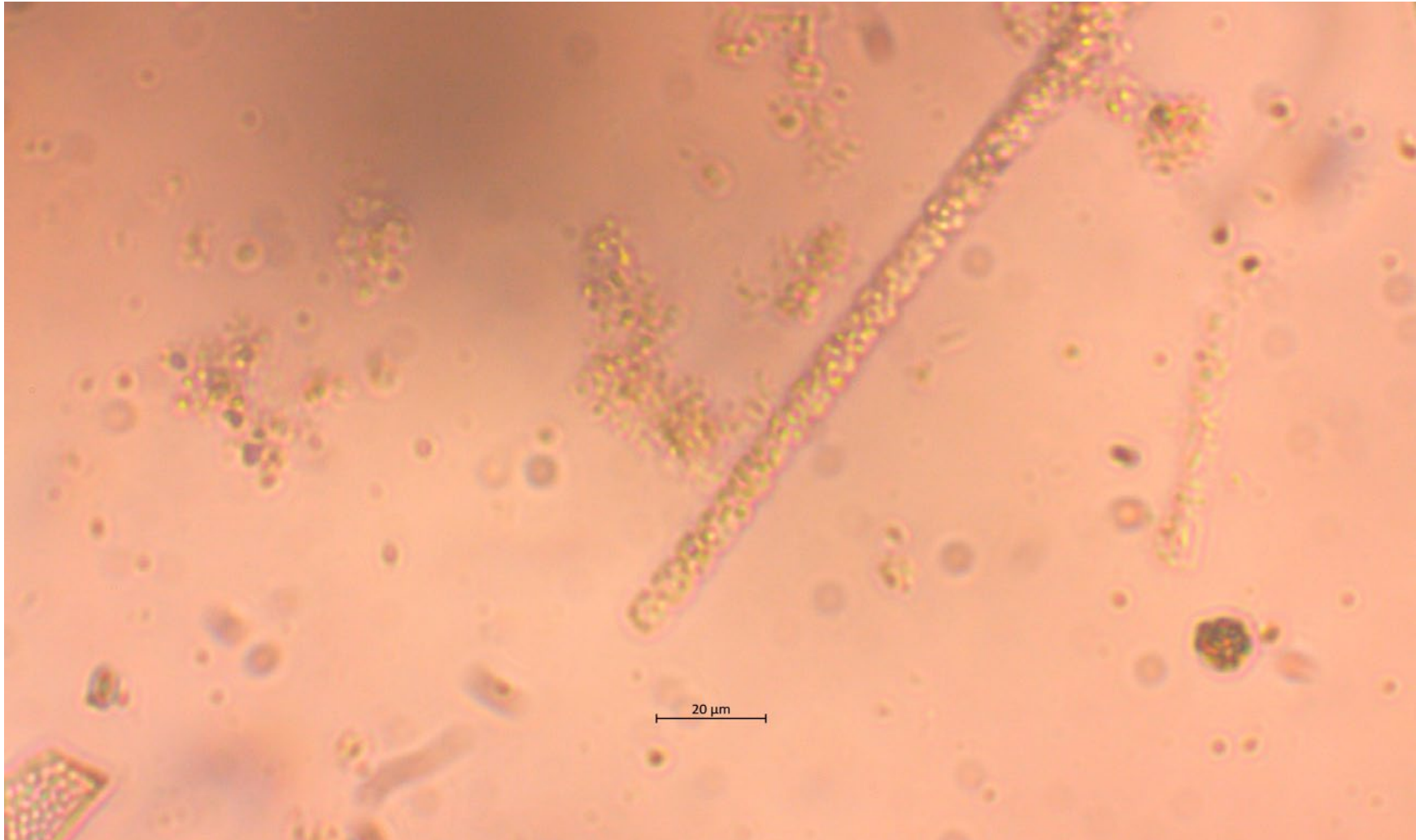


Dolichospermum cf. viguieri

(Denis & Frémy) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek

Orden: Nostocales

Familia: Aphanizomenonaceae

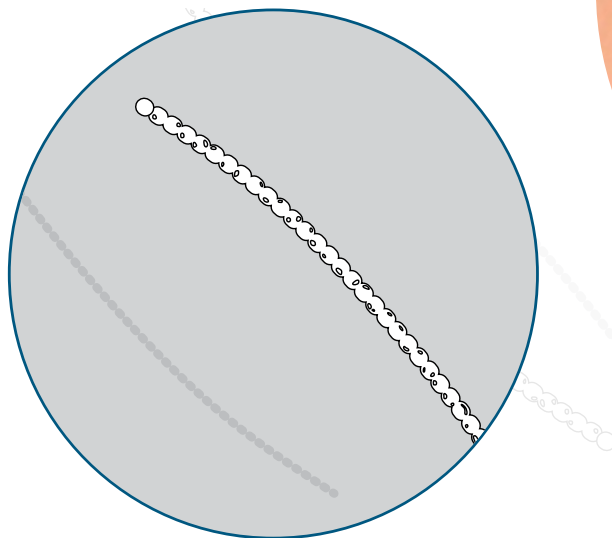


Descripción

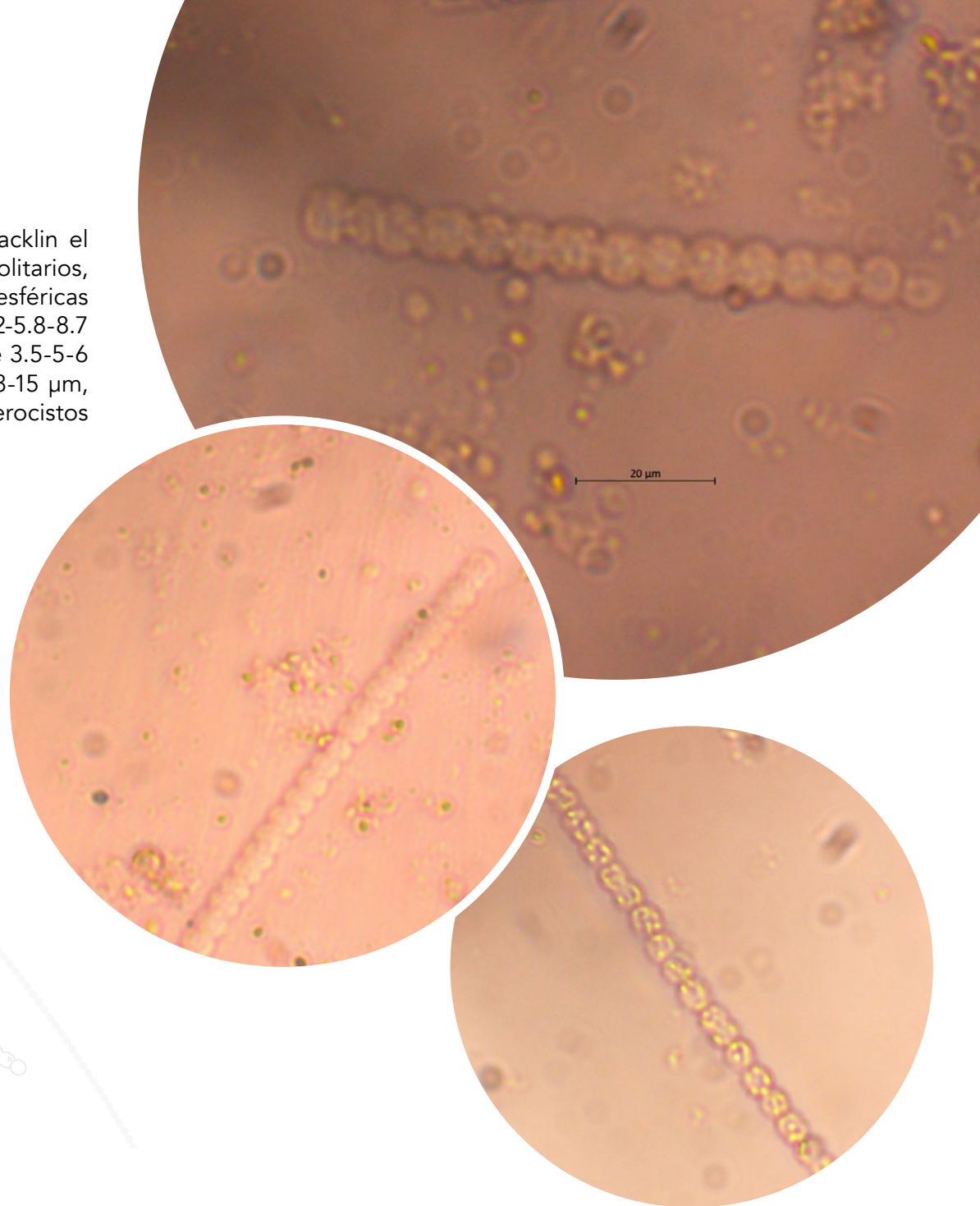
Anteriormente *Anabaena virguieri* Denis et Frémy (Wacklin et al... 2009). Son especies planctónicas, tienen tricomas solitarios, rectos o ligeramente curvados. Células más o menos esféricas o en forma de barril, con 4.2-6.4-7-2 μm de largo, 4.2-5.8-8.7 μm de ancho, con aerotopos. Heterocistos esféricos de 3.5-5-6 μm de diámetro. Acinetos ovalados de 9-18-25 x 10-13-15 μm , principalmente solitarios que están distantes de los heterocistos (Cronberg & Annadotter 2006).

Toxinas

- Microcistina (Mariani et al. 2015).



Representación esquemática

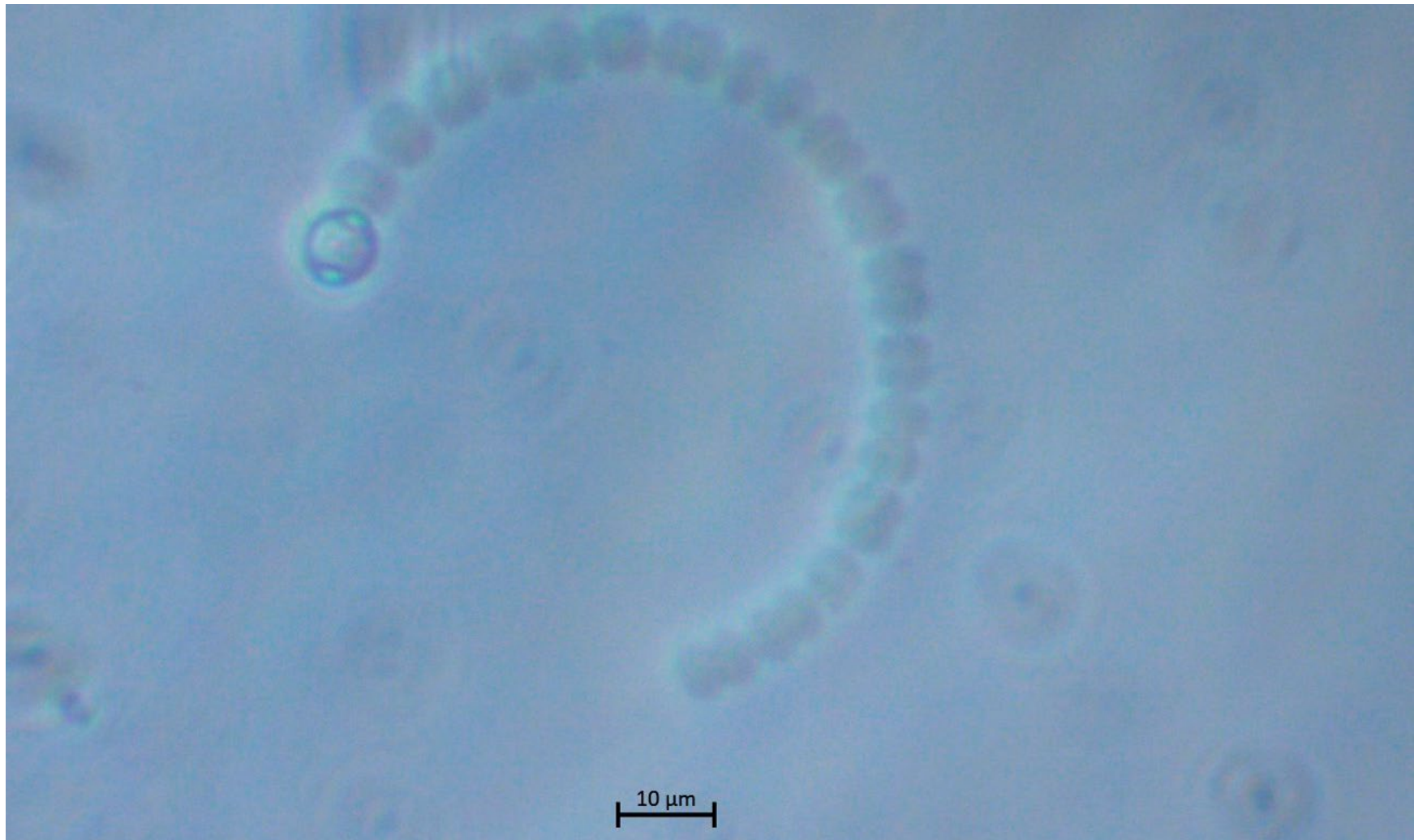


Dolichospermum sp.

(Ralfs) Wacklin et al. 2009

Orden: Nostocales

Familia: Aphanizomenonaceae

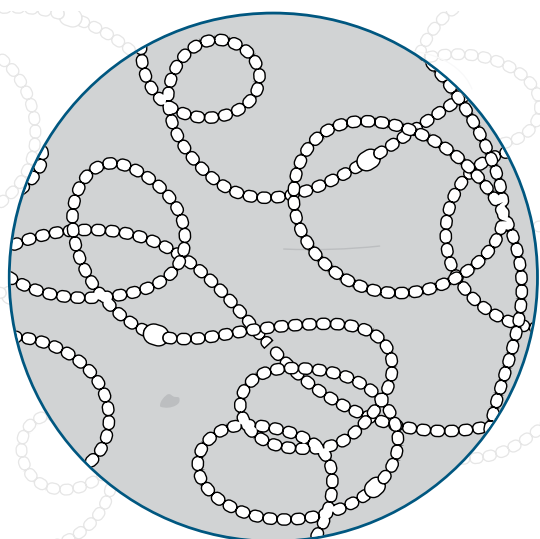
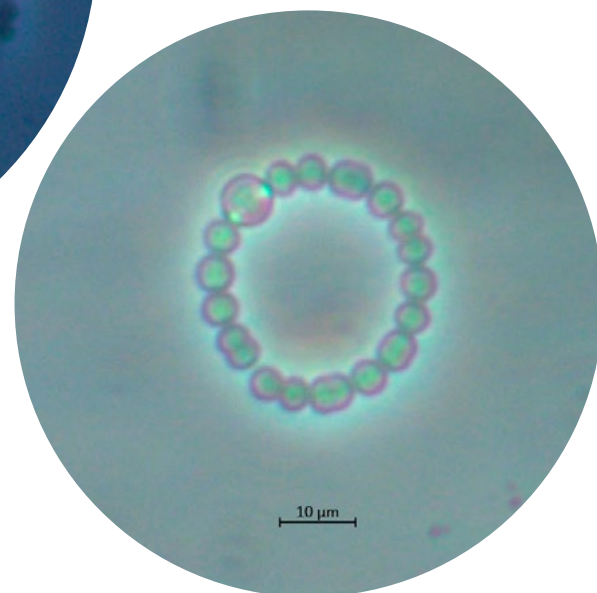
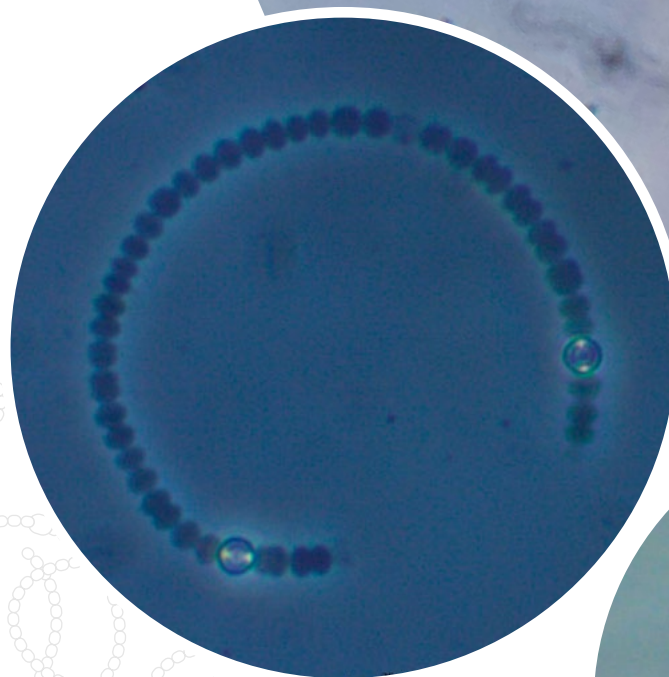
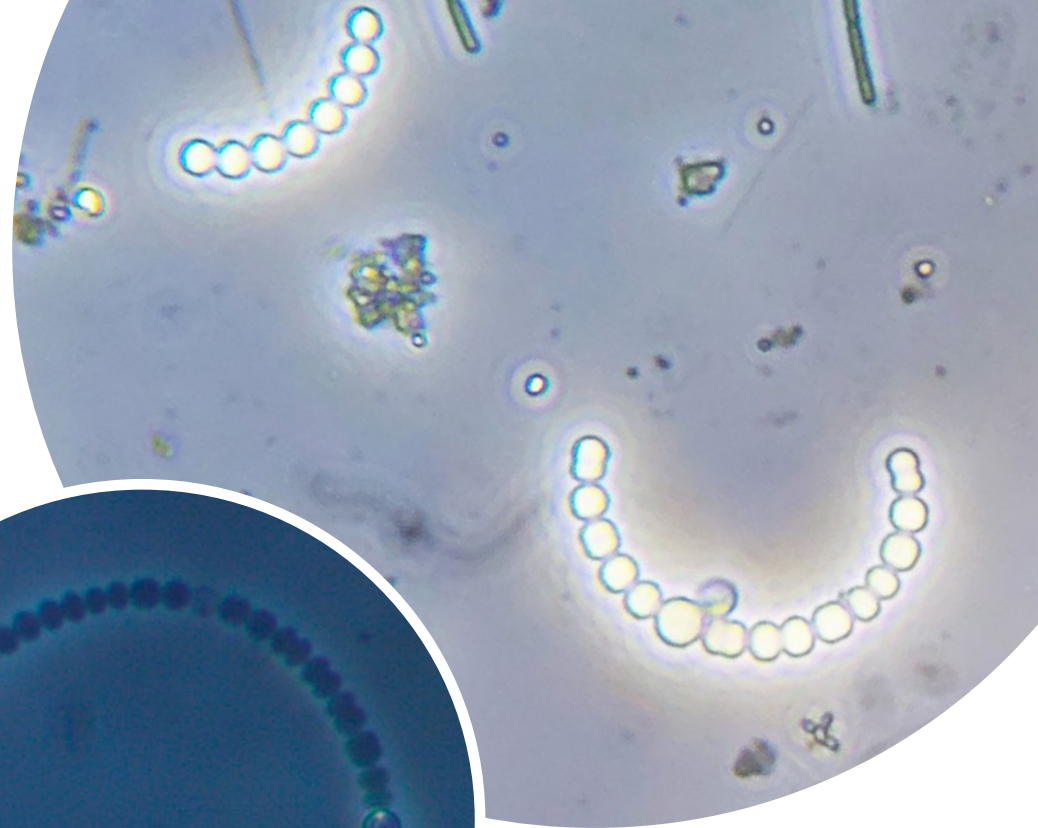


Descripción

Género con especies planctónicas, que han sido separados del género *Anabaena* (Zapomělová et al. 2011). Su clasificación se basa en características morfológicas, como los tipos de tricomas, longitud y ancho, forma, posición de los acinetos, morfología de células vegetativas y heterocitos, y existencia de vaina mucilaginosa (Choi et al. 2018).

Toxinas

- Microcistinas (Dreher et al. 2019), Anatoxina-a (Chia et al. 2018)



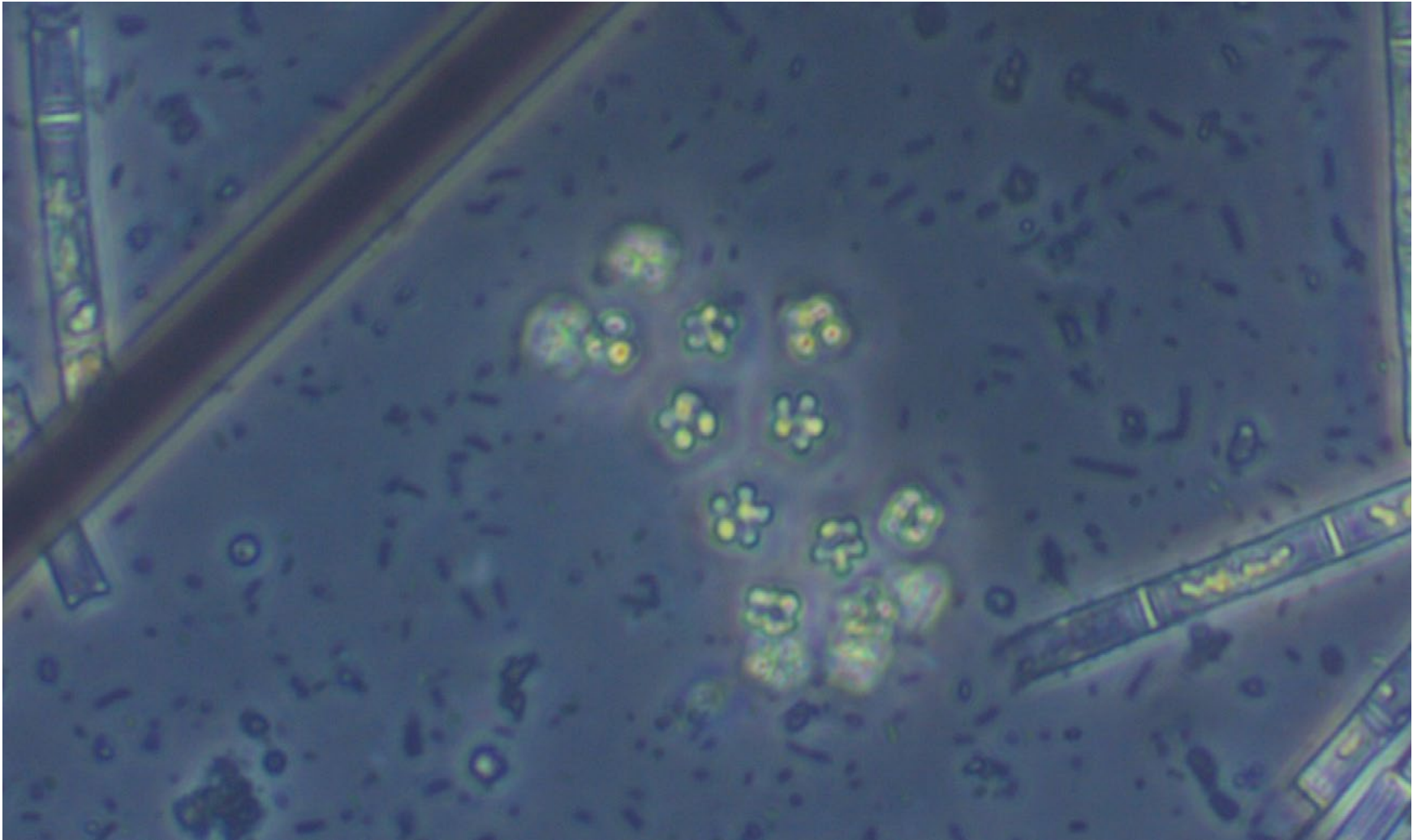
Representación esquemática

***Eucapsis* sp.**

F.E.Clements & H.L.Shantz

Orden: Synechococcales

Familia: Merismopediaceae

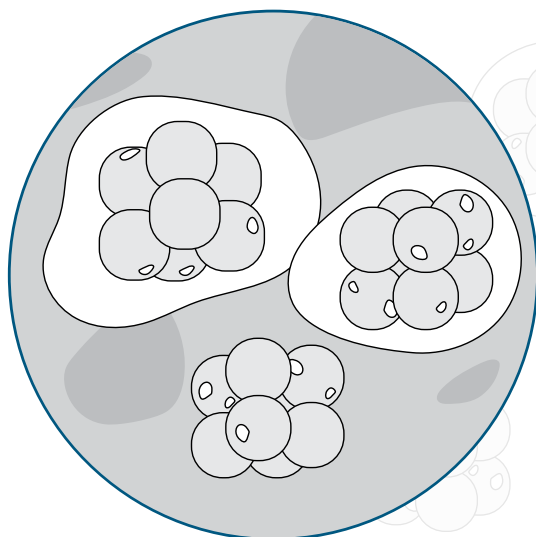


Descripción

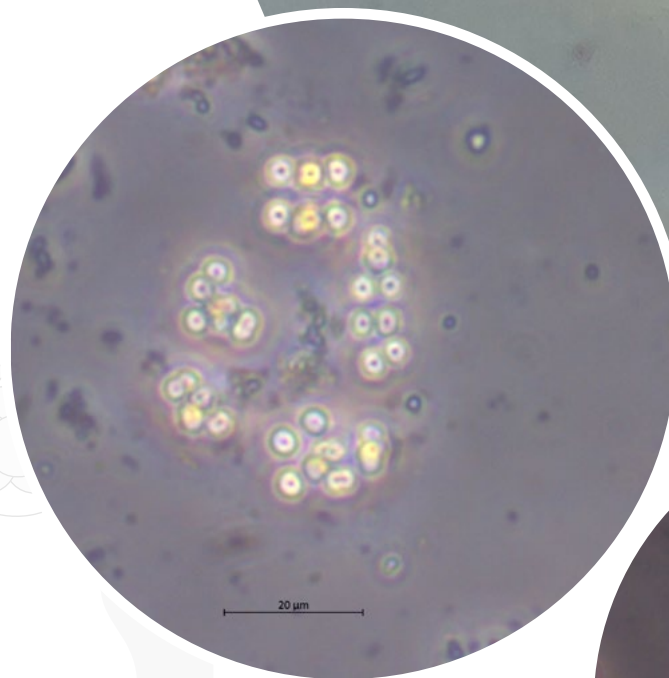
Se caracterizan por células esféricas, dispuestas regularmente en colonias más o menos cúbicas, las colonias están recubiertas por un mucilago hialino incoloro y contienen de 4 a 8 hasta más de 120 células (Komárek, Hindák & Jezberová, 2016).

Toxinas

- No tóxica.



Representación esquemática

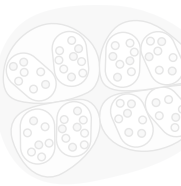
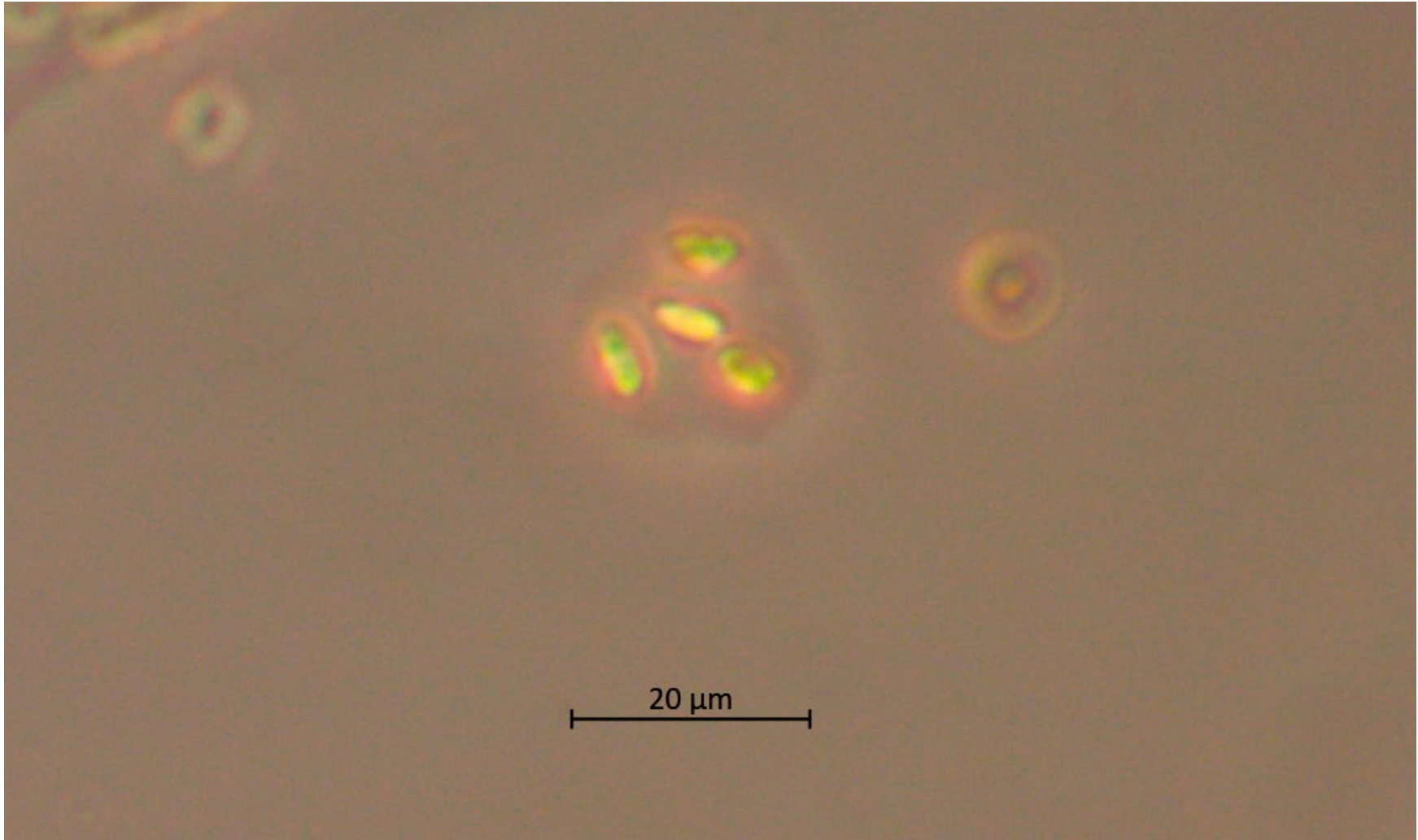


Gleothoece sp.

Nägeli 1849

Orden: Chroococcales

Familia: Aphanothecaceae

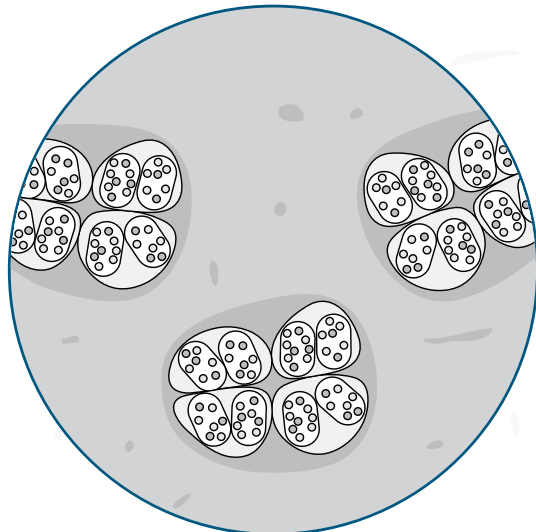


Descripción

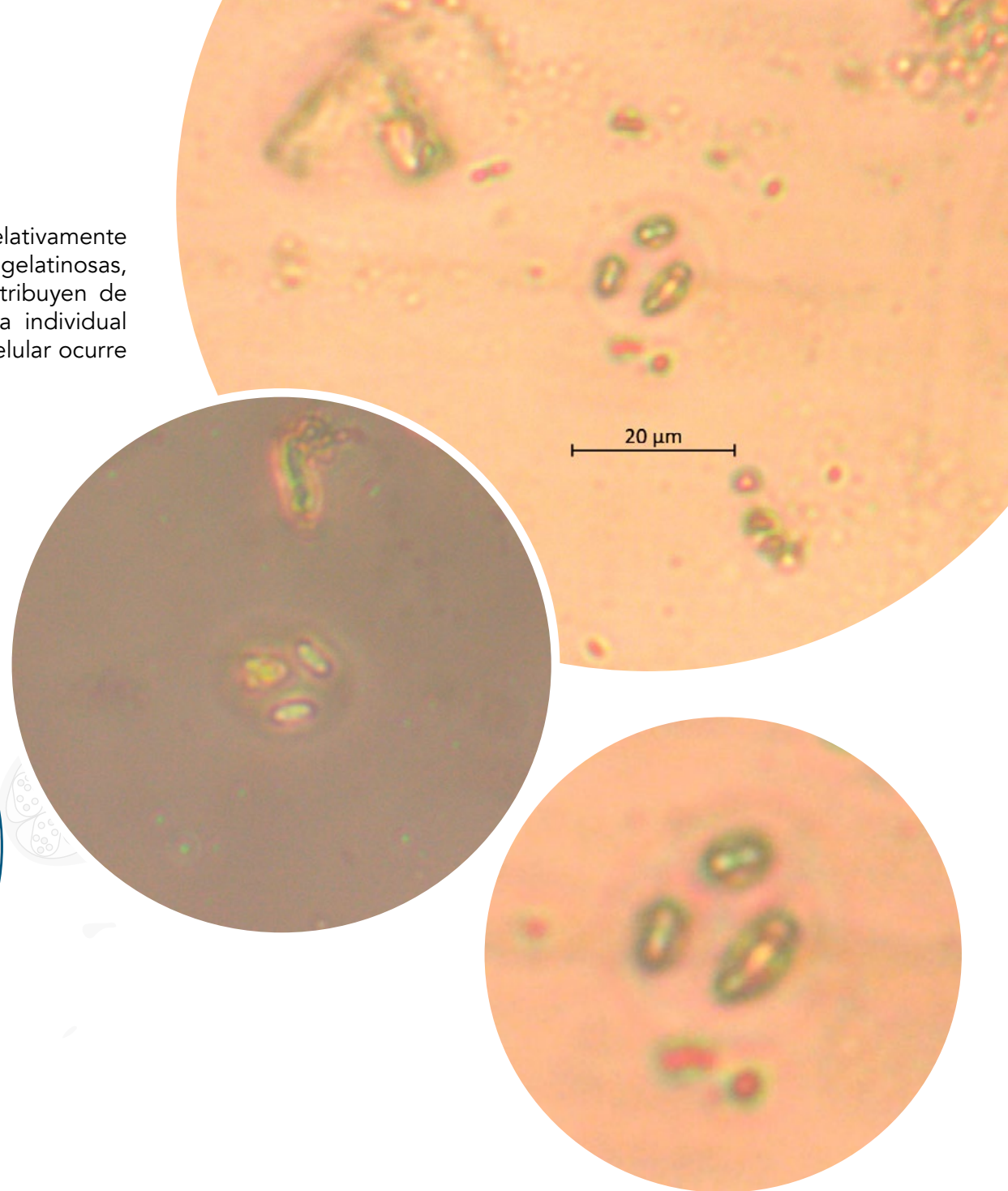
Cianobacterias en forma esférica, con células relativamente anchas, ovaladas a cilíndricas, formando colonias gelatinosas, a veces coloreadas, en las que las células se distribuyen de manera irregular y poseen envoltura mucilaginosa individual (Mareš 2019); no presentan aerotopos; la división celular ocurre por fisión binaria (Wehr et al. 2015).

Toxinas

- Este género no se reporta como productor de cianotoxinas (Głowacka et al. 2011).



Representación esquemática

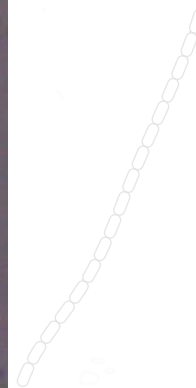
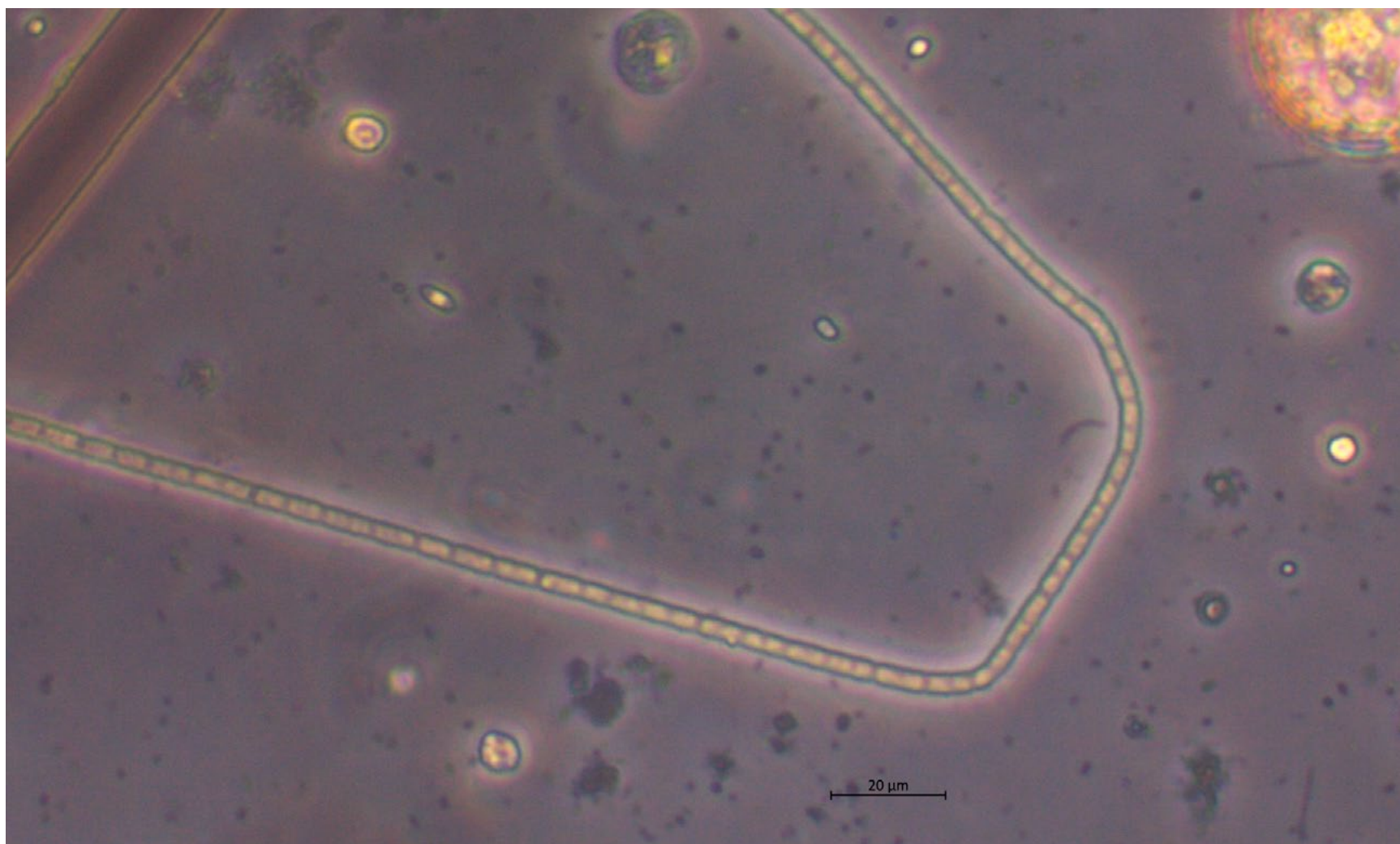


Jaaginema sp.

Anagnostidis et Komárek 1988

Orden: Synechococcales

Familia: Pseudanabaenaceae

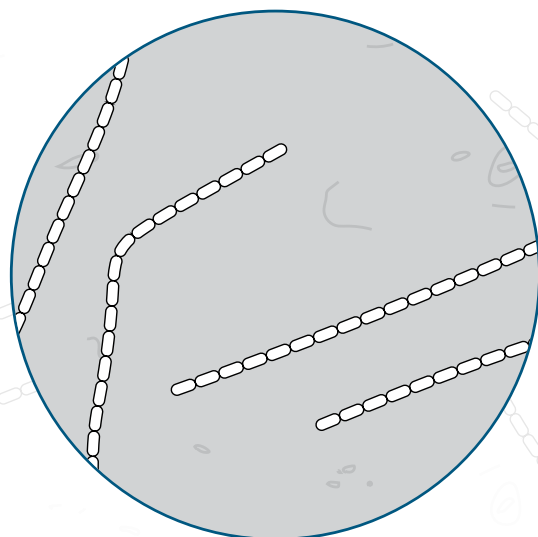


Descripción

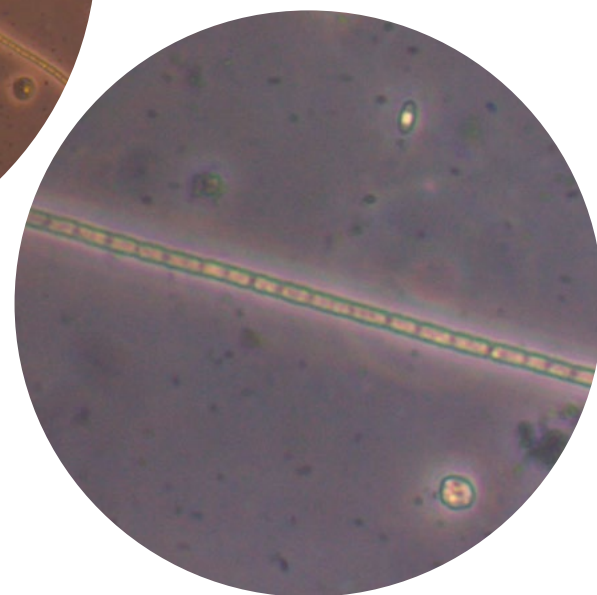
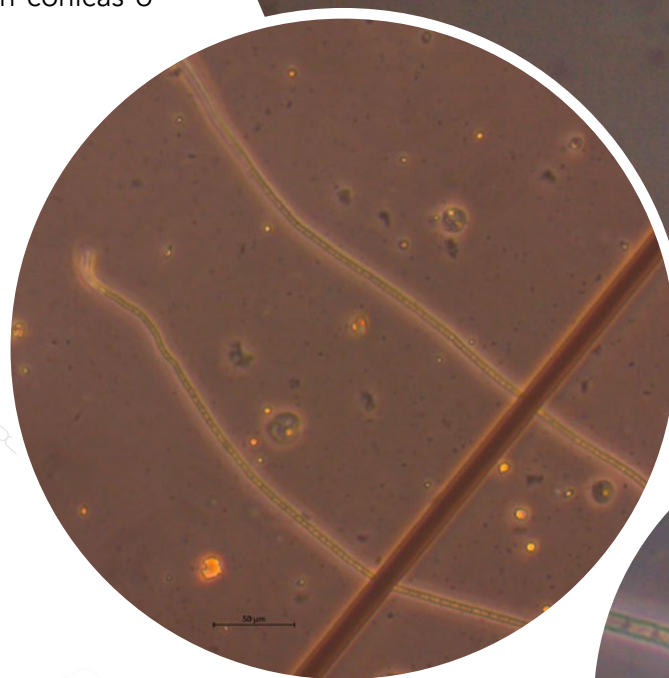
Cianobacterias plantónicas, tricomas solitarios o en racimos, rectos o ligeramente curvados, ligeramente atenuados hacia los extremos, son inmóviles y sin vaina. Las células son cilíndricas, más o menos anchas, 3-5 μm de largo y 1.5-2.0 μm de ancho, con pared celular muy delgada y gránulos visibles cerca de las paredes transversales. Las células terminales son cónicas o aplanadas (Nguyen et al. 2007).

Toxinas

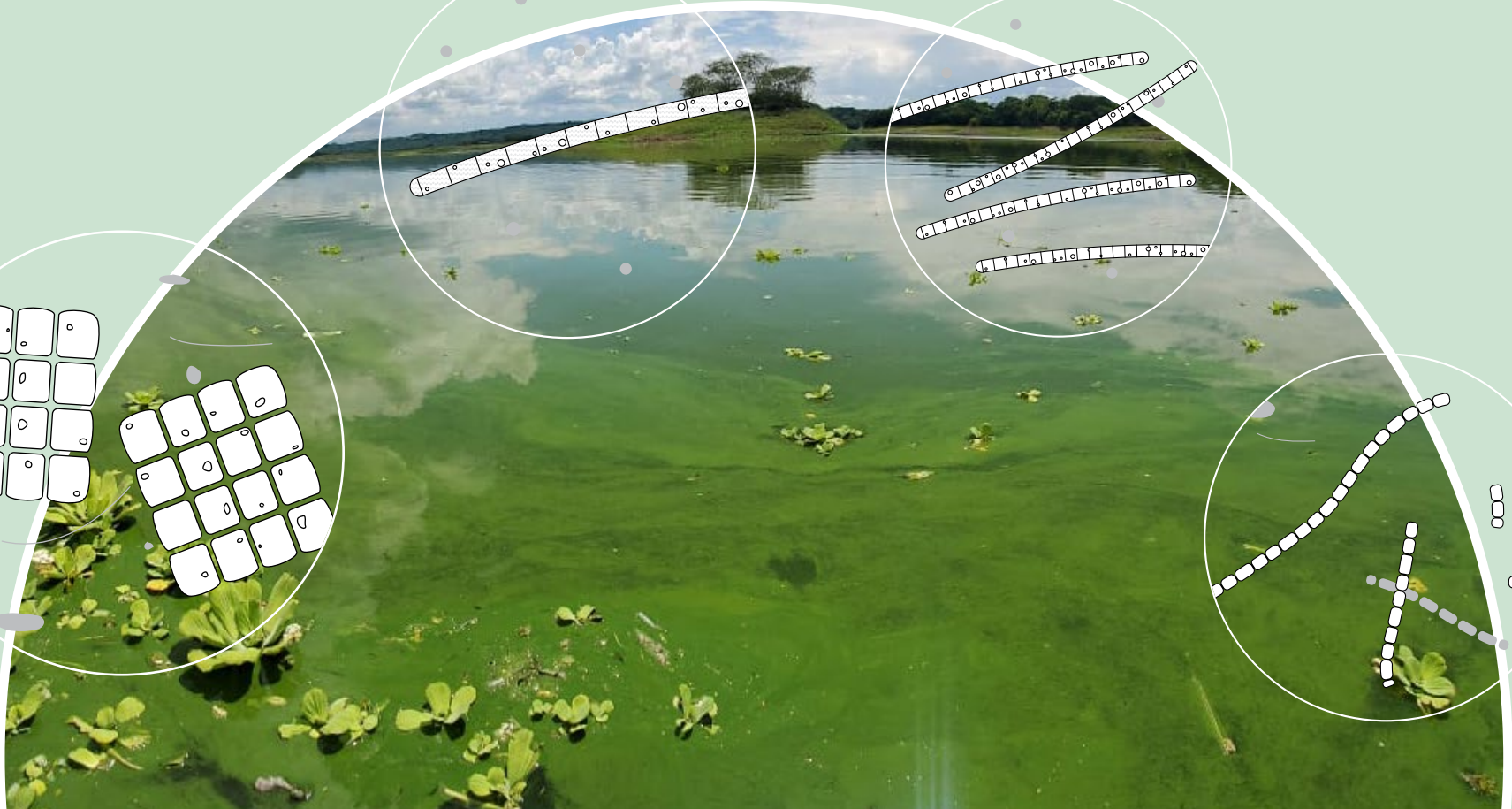
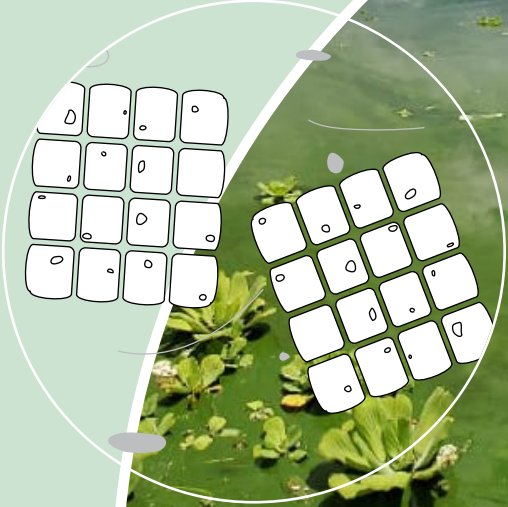
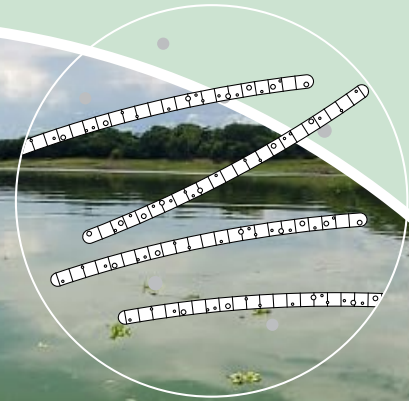
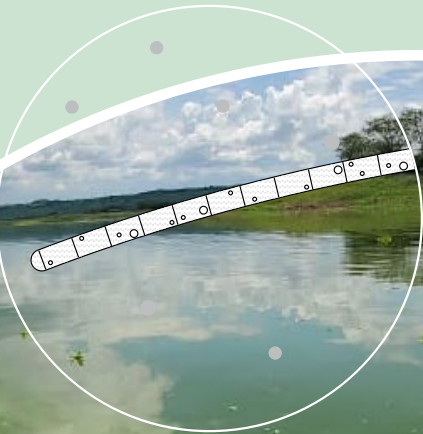
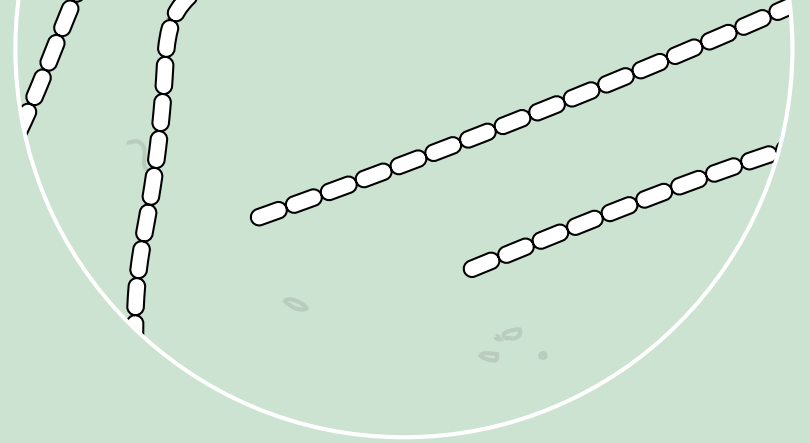
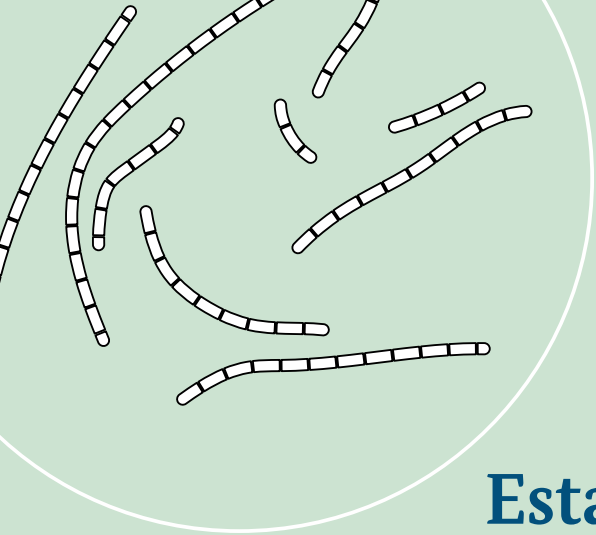
- No se reporta producción de cianotoxinas (Gkelis et al. 2019).



Representación esquemática



Estaciones de muestreo LABTOX-UES en Embalse Cerrón Grande



270000

280000

290000

300000

310000



Escala:
1:180,000

Sistema De Coordenadas:
UTM WGS84 - Zona 16 N

Fuente de Datos:
LABTOX-UES

CHALATENANGO

CUSCATLÁN

CABAÑAS

0 2.5 5 km

270000

280000

290000

300000

310000

1560000

1550000

1540000

1560000

1550000

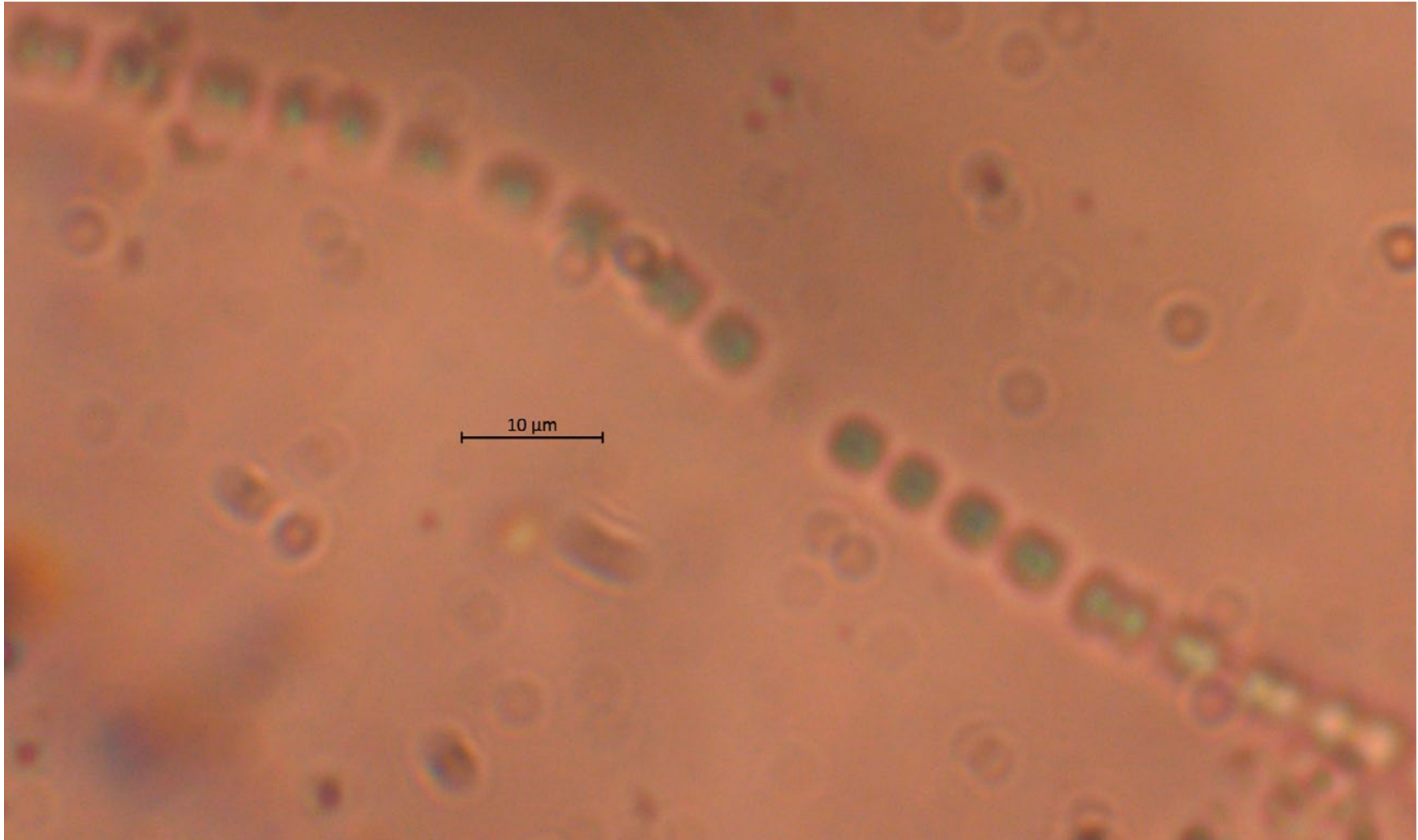
1540000

Komvophoron sp.

K.Anagnostidis & J.Komárek, 1988

Orden: Oscillatoriales

Familia: Pseudanabaenaceae



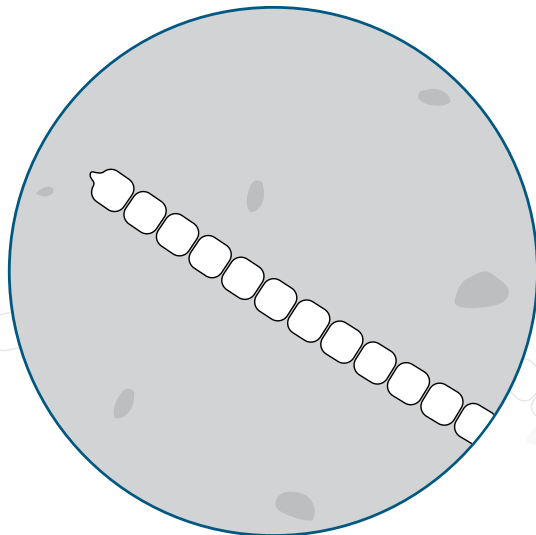
Descripción

Tricomas solitarios o pocos aglomerados en un mucílago fino, móviles o inmóviles, rectos o un poco doblado o enrollado de lado a lado, moniliformes, simples, generalmente cortos o ligeramente alargados, de hasta 650 μm de largo, sin vainas firmes (Komárek & Anagnostidis 2005). Filamentos cortos, generalmente de hasta 30 células, restringidos en las paredes transversales. Células apicales redondeadas, uniforme, con una pequeña protuberancia en forma

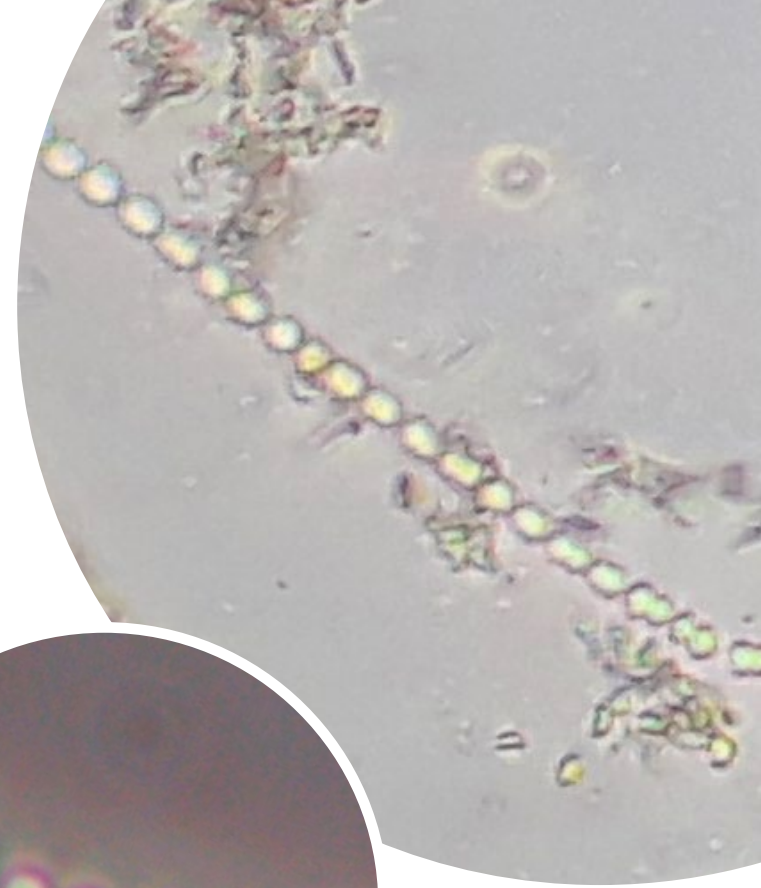
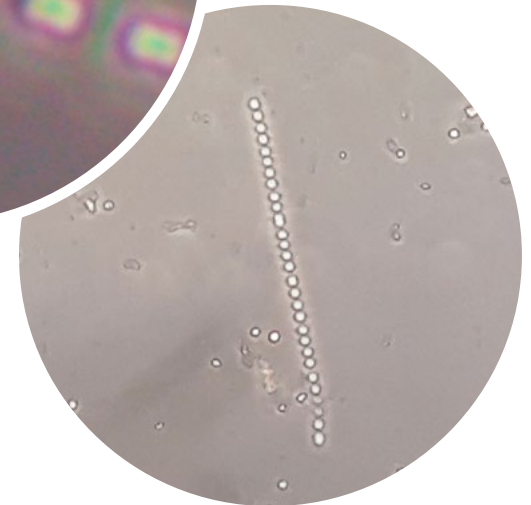
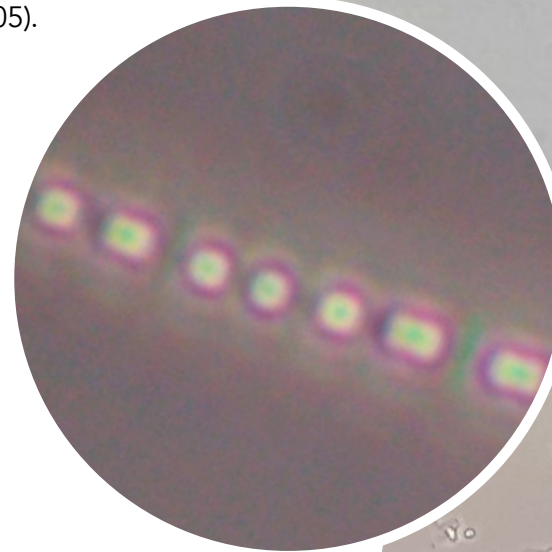
de verruga de 4-5 \times 4-8 μm . Células intercalares en forma de barril de 4-5 \times 3-6 μm . Presenta movimiento de forma ondulatorio y por deslizamiento (Hašler & Pouličková, 2010). Carecen de aerotopos, heterocitos y acinetos. Se reproducen por fragmentación de tricomas sin formación de células necríticas en hormocitos inmóviles, rara vez (ocasionalmente) hormogonia móvil (Komárek & Anagnostidis 2005).

Toxinas

- No se reporta.



Representación esquemática



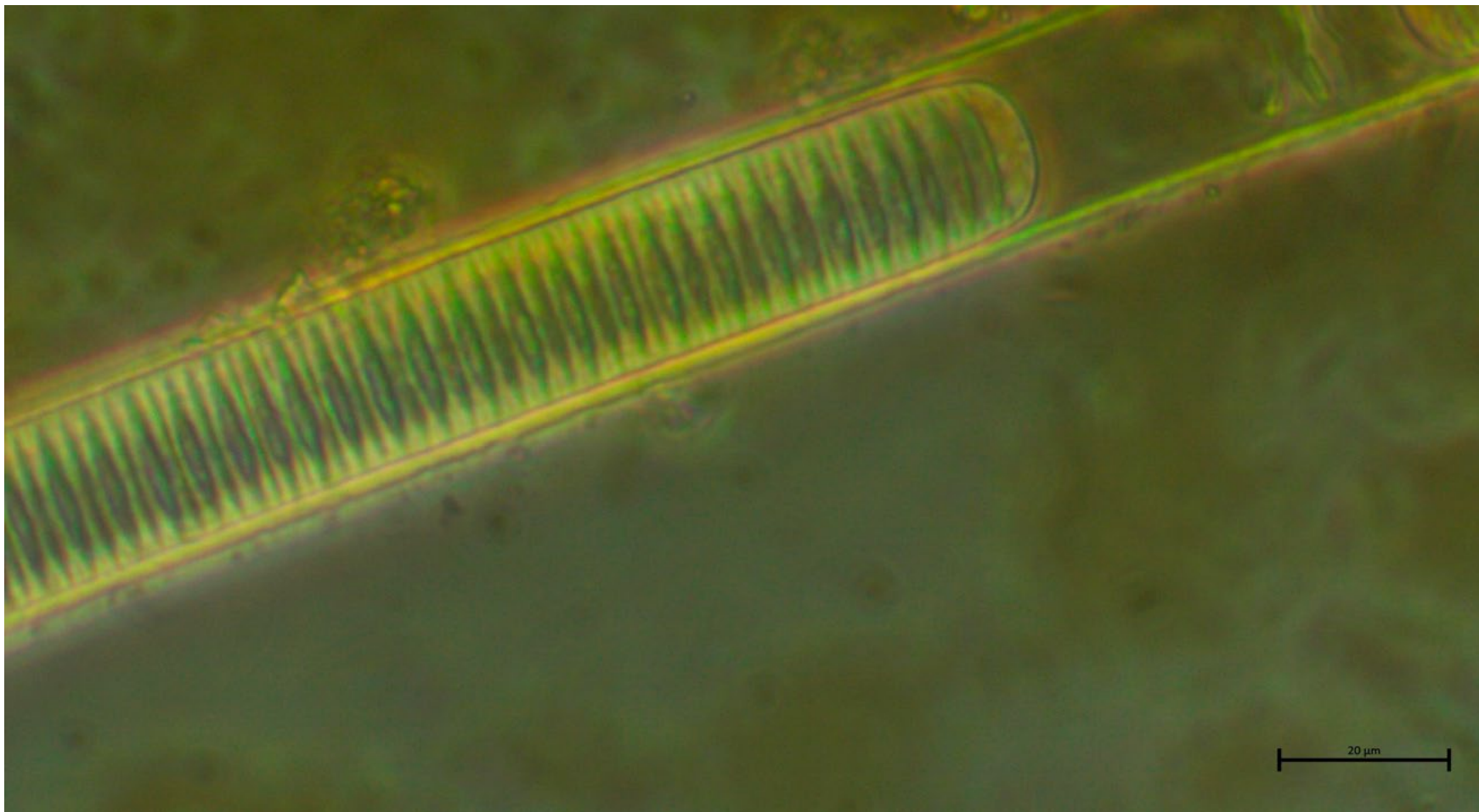
Limnoraphis cf. birgei

(GMSmith) J.Komárek, E.Zapomelová,

J.Smarda, J.Kopecký, E.Rejmánková, J.Woodhouse, BANEilan & J.Komárková 2013

Orden: Oscillatoriales

Familia: Oscillatoriaceae

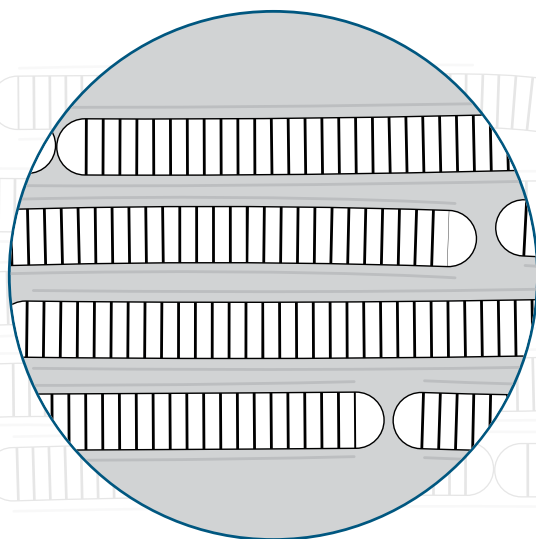


Descripción

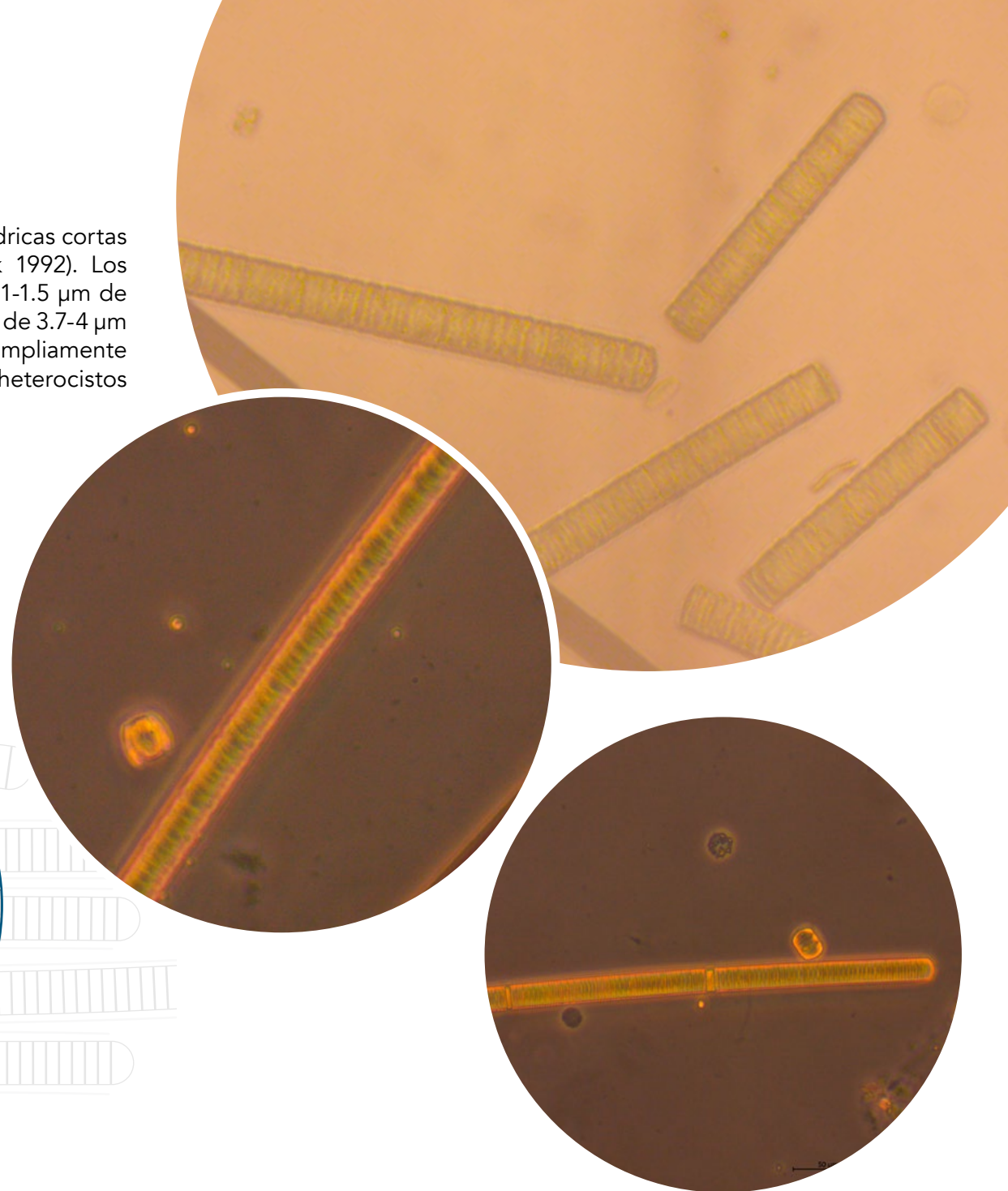
Cianobacterias planctónicas, presentan células cilíndricas cortas que contienen vacuolas de gas (Speziale & Dyck 1992). Los filamentos entre 22.5-25 μm de ancho, vaina entre 1-1.5 μm de espesor, tricomas entre 19.5-20 μm de ancho, células de 3.7-4 μm de ancho (Rai & Misra 2010). Las células apicales ampliamente redondeadas, con pared celular externa gruesa; los heterocistos y acinetos están ausentes (Park 2012).

Toxinas

- No se reporta reproducción de toxinas.



Representación esquemática

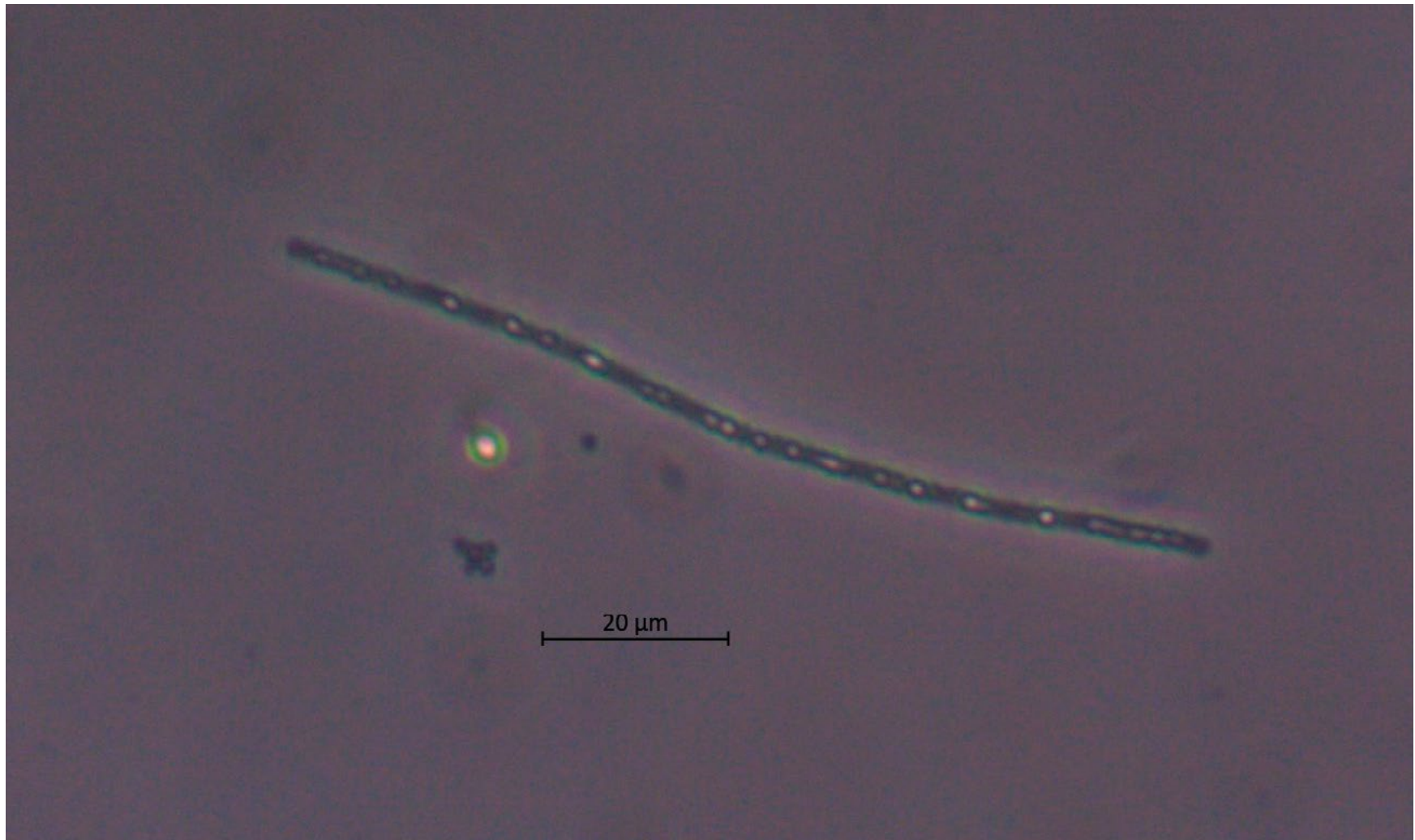


Limnothrix sp.

M. E. Meffert, 1988

Orden: Synechococcales

Familia: Pseudanabaenaceae

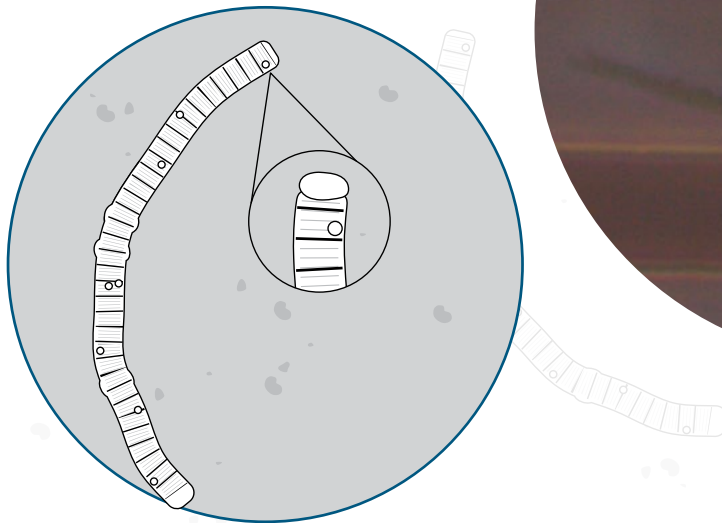


Descripción

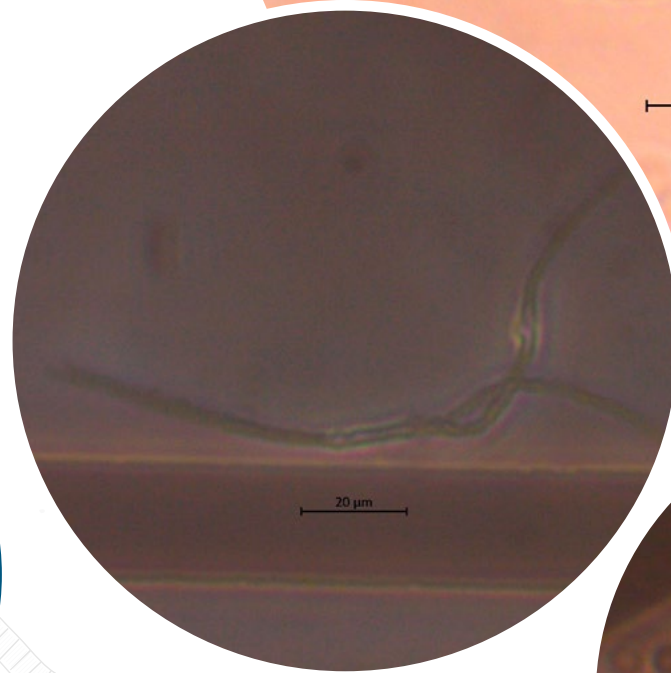
Son cianobacterias filamentosas, sin diferenciación celular o ramificación en sus tricomas; presentan células cilíndricas estrechas con aerotopos polares o centrales, y su motilidad es muy leve o inexistentes (Lima et al. 2018).

Toxinas

- Microcistina (Stoyneva et al... 2017).



Representación esquemática

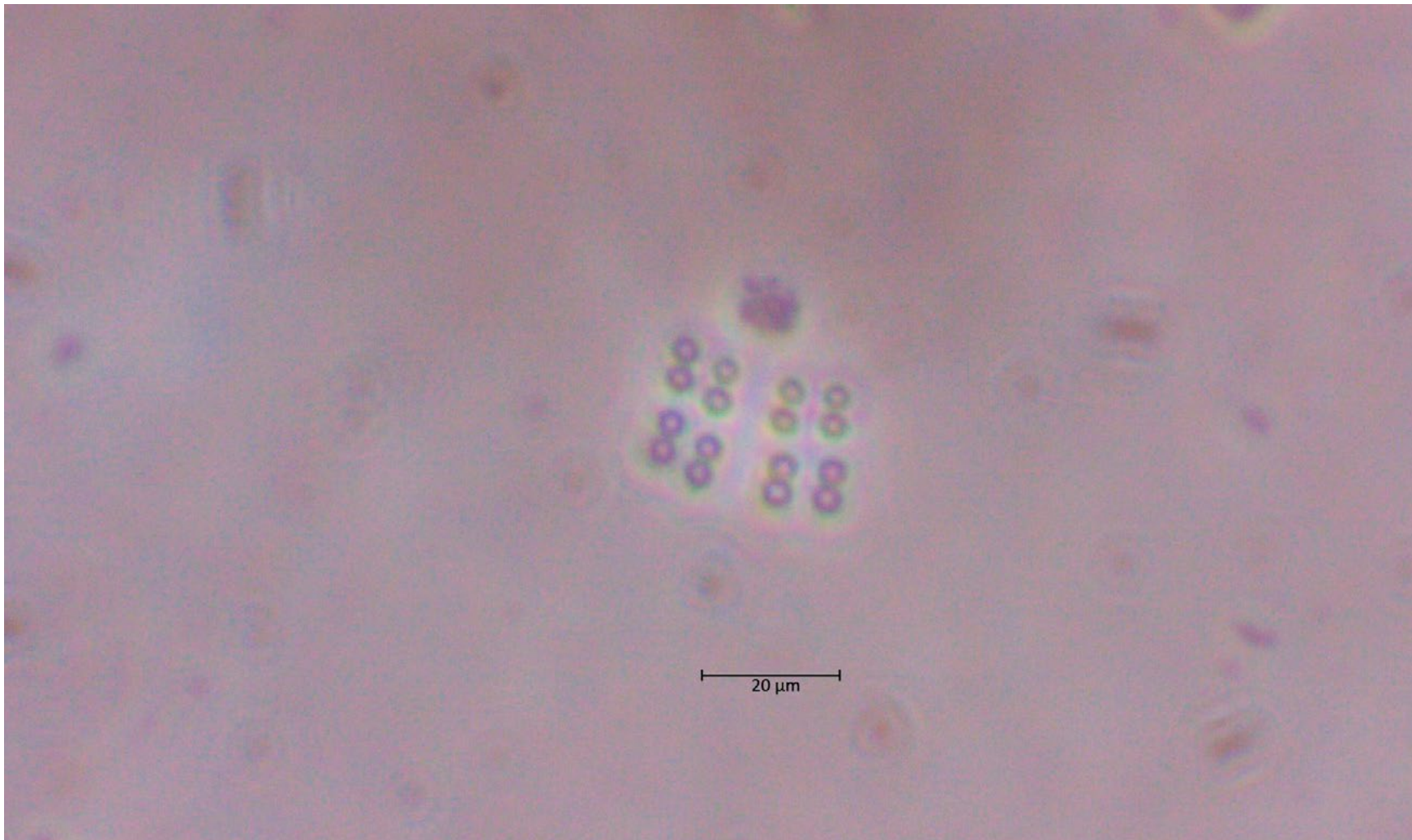


Merismopedia sp.

Meyen 1839

Orden: Synechococcales

Familia: Merismopediaceae

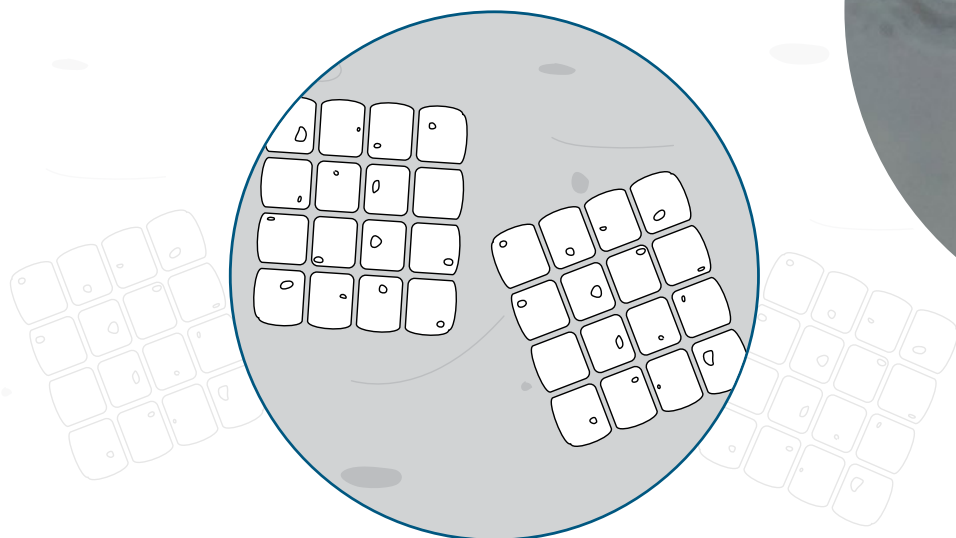
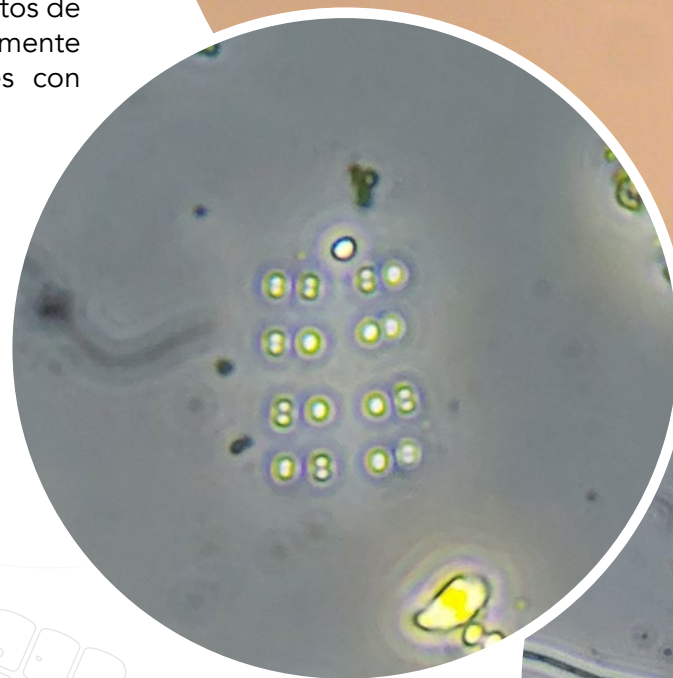
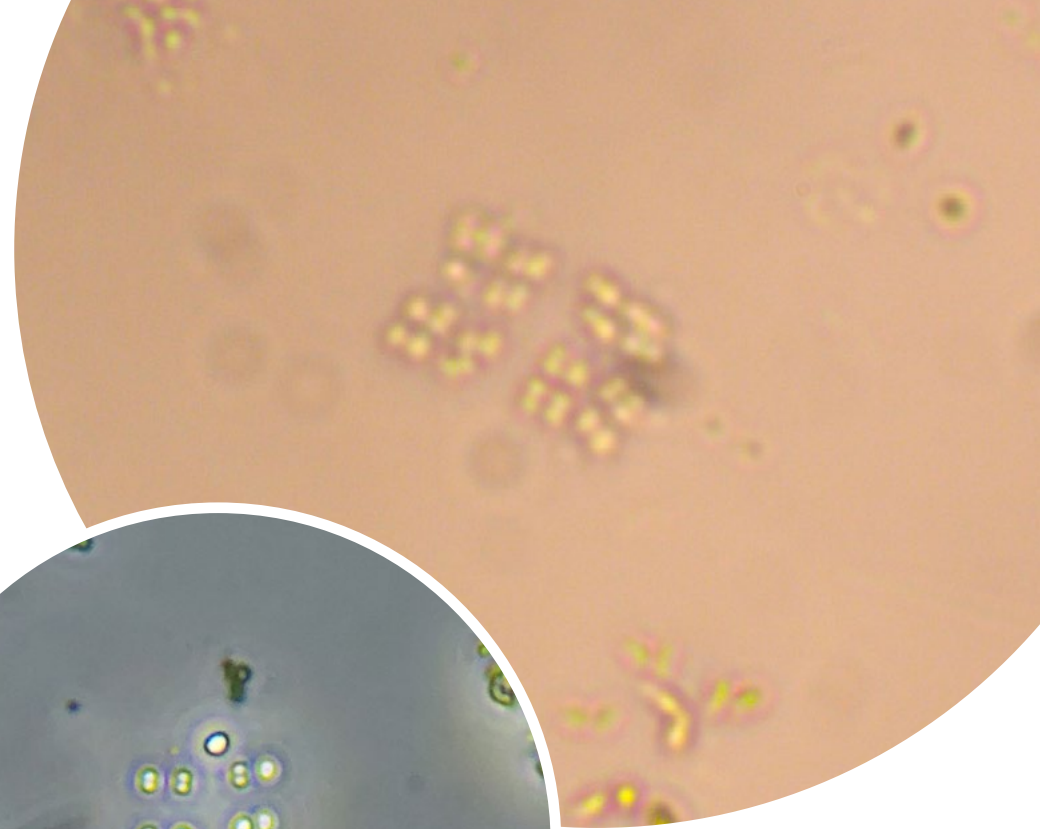


Descripción

Colonias microscópicas, raramente macroscópicas (Park 2012); cocoide y unicelular que forma placas de células planas (Palinska et al... 1996), generalmente más o menos cuadradas o rectangulares, aplanadas o ligeramente onduladas con una capa de células, células densamente o sueltas dispuestas en un plano, en filas más o menos perpendiculares una a otra, colonias con 4-16 células pero varias especies con hasta varios cientos de células. Células mucilaginosas finas e incoloras, generalmente difluentes en el margen, raramente limitadas, a veces con envolturas gelatinosas individuales (Park 2012).

Toxinas

- Microcistina (Furtado et al... 2009)



Representación esquemática

Microcystis cf. wesenbergii
(Komárek) Komárek ex Komárek

Orden: Chroococcales
.....

Familia: Microcystaceae
.....

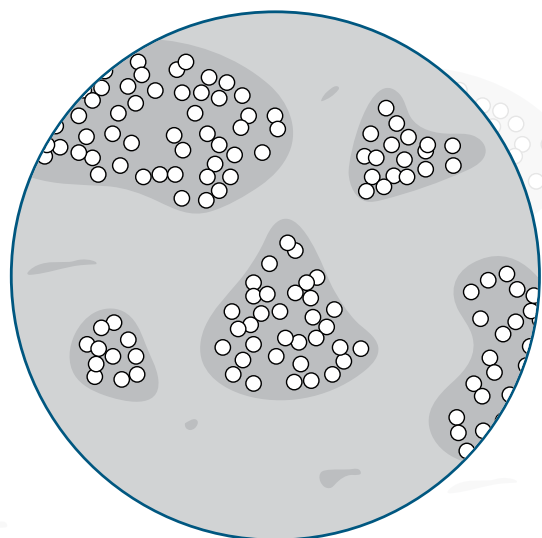


Descripción

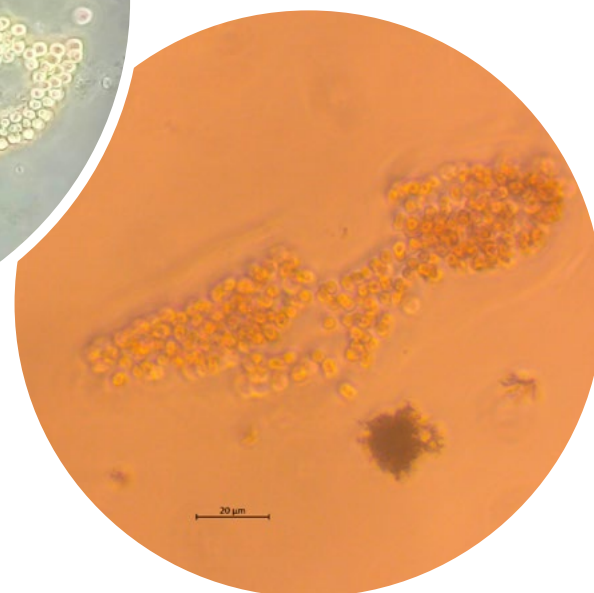
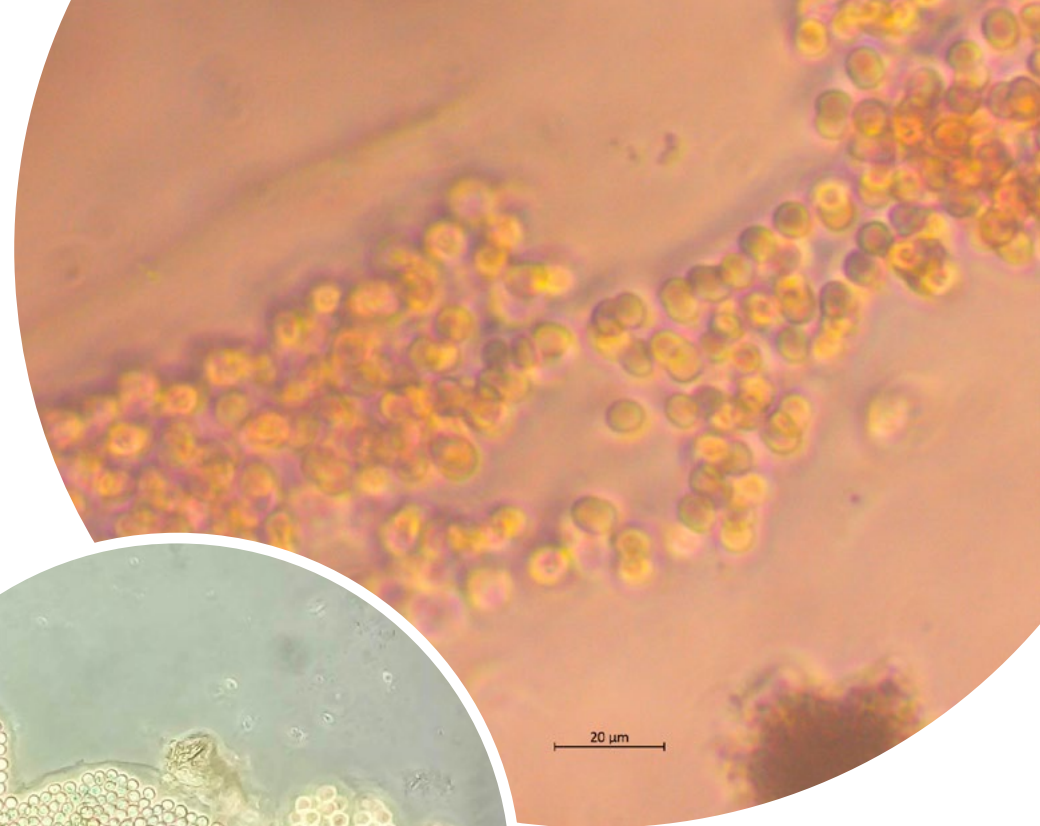
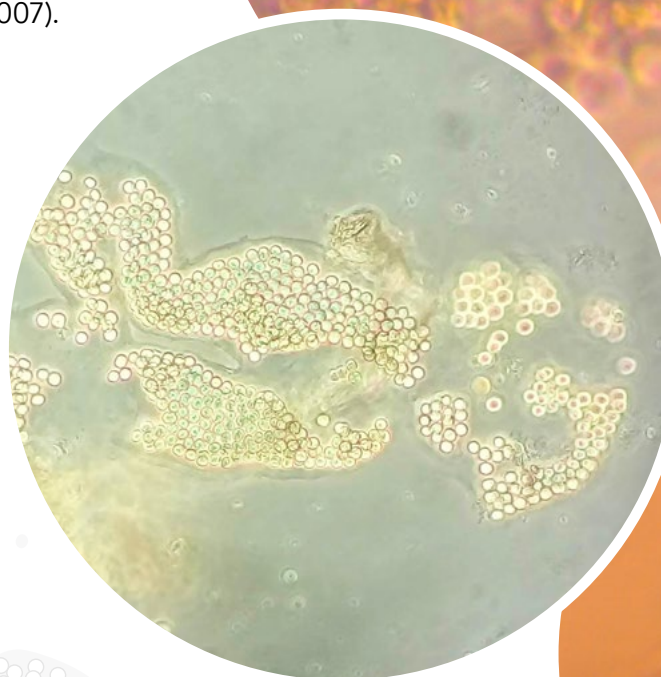
Colonias micro a macroscópicas, esféricas a alargadas y lobuladas, a menudo con espacios aéreos, ocasionalmente compuestas de subcolonias (Tandon et al. 2016). Células con un diámetro de 4-8.5 (10) μm (Komárek & Komárková 2002). Mucílago incoloro, liso, firme, claramente delimitado, no difluente pero con un contorno refractivo. El margen gelatinoso se extiende de 3-6 μm más allá de las agregaciones celulares, presencia de abundantes aerotopos (McGregor et al. 2007).

Toxinas

- Microcistina (Yasuno et al. 1998)



Representación esquemática

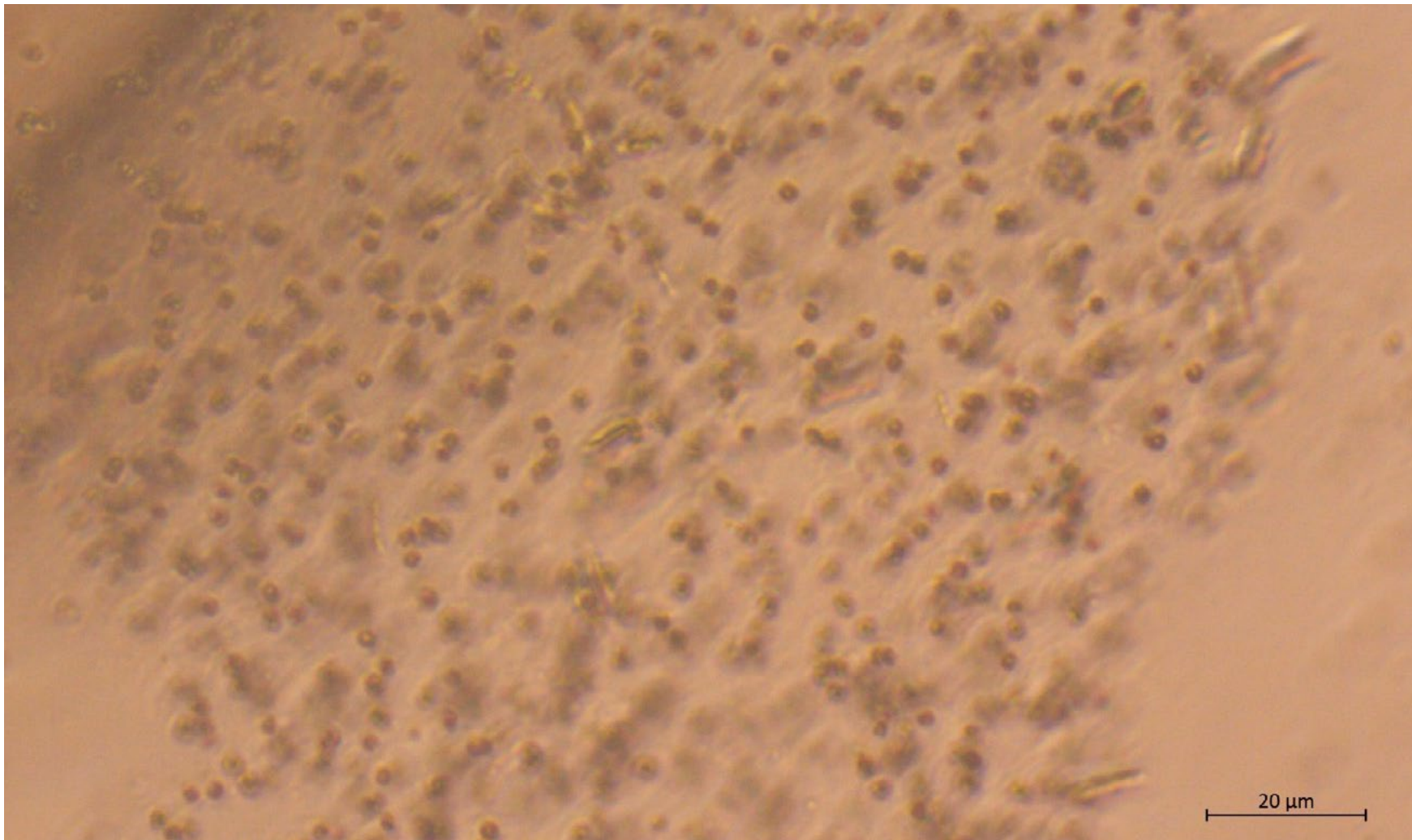


***Microcystis* sp.**

Kützing ex Lemmermann 1907

Orden: Chroococcales

Familia: Microcystaceae

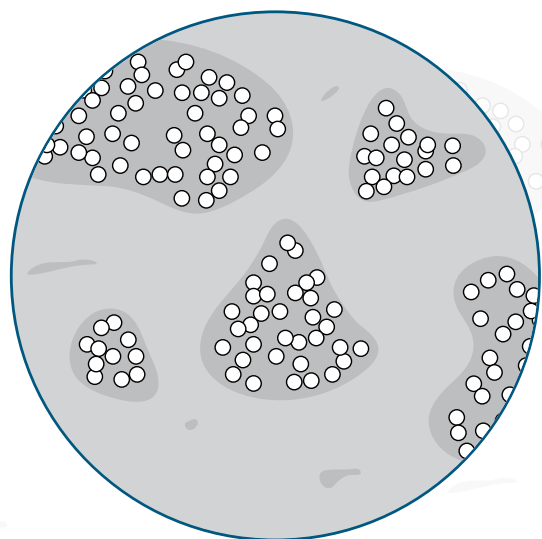


Descripción

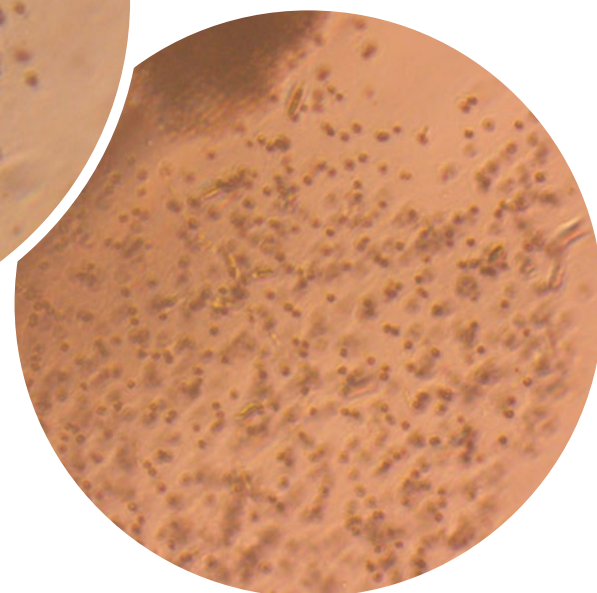
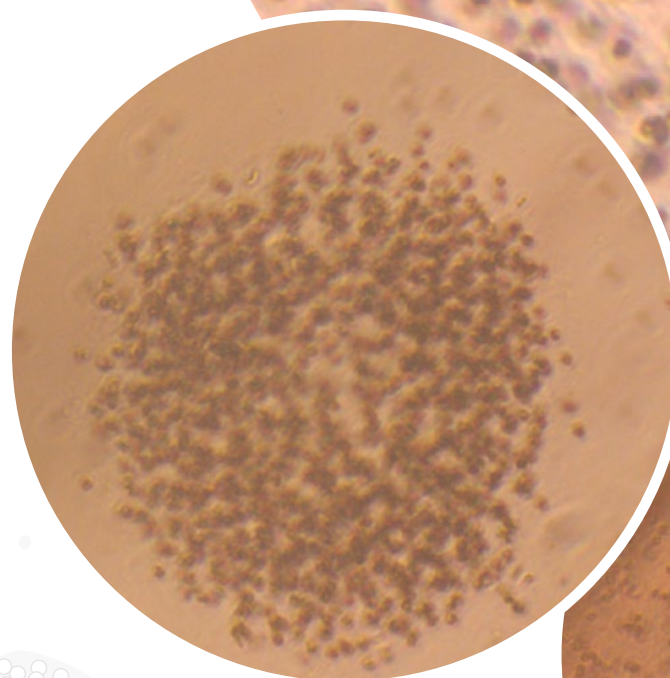
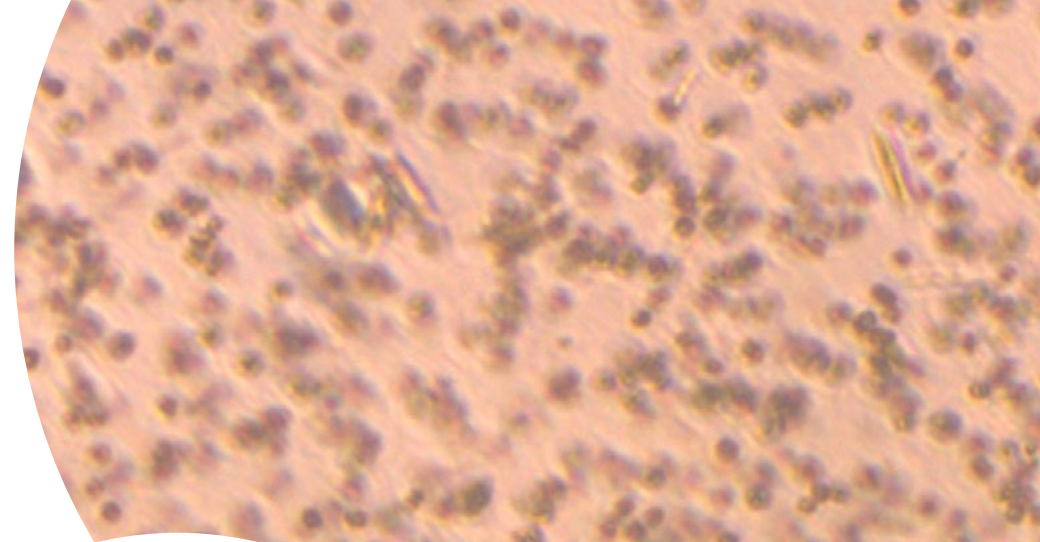
Se caracterizan por ser colonias con células esféricas aglomeradas irregularmente, rodeadas por un fino mucilago incoloro (Komárek & Kárková 2002), homogéneo y claramente delimitado o refractivo en algunas especies. Células sueltas o densamente dispuestas, esféricas con aerotopos que controlan la flotabilidad de las colonias en la columna del agua (Tandon et al. 2016).

Toxinas

- Microcistina (Loftin 2016)



Representación esquemática

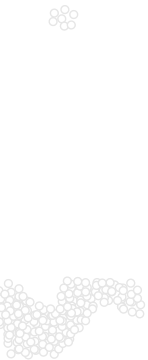
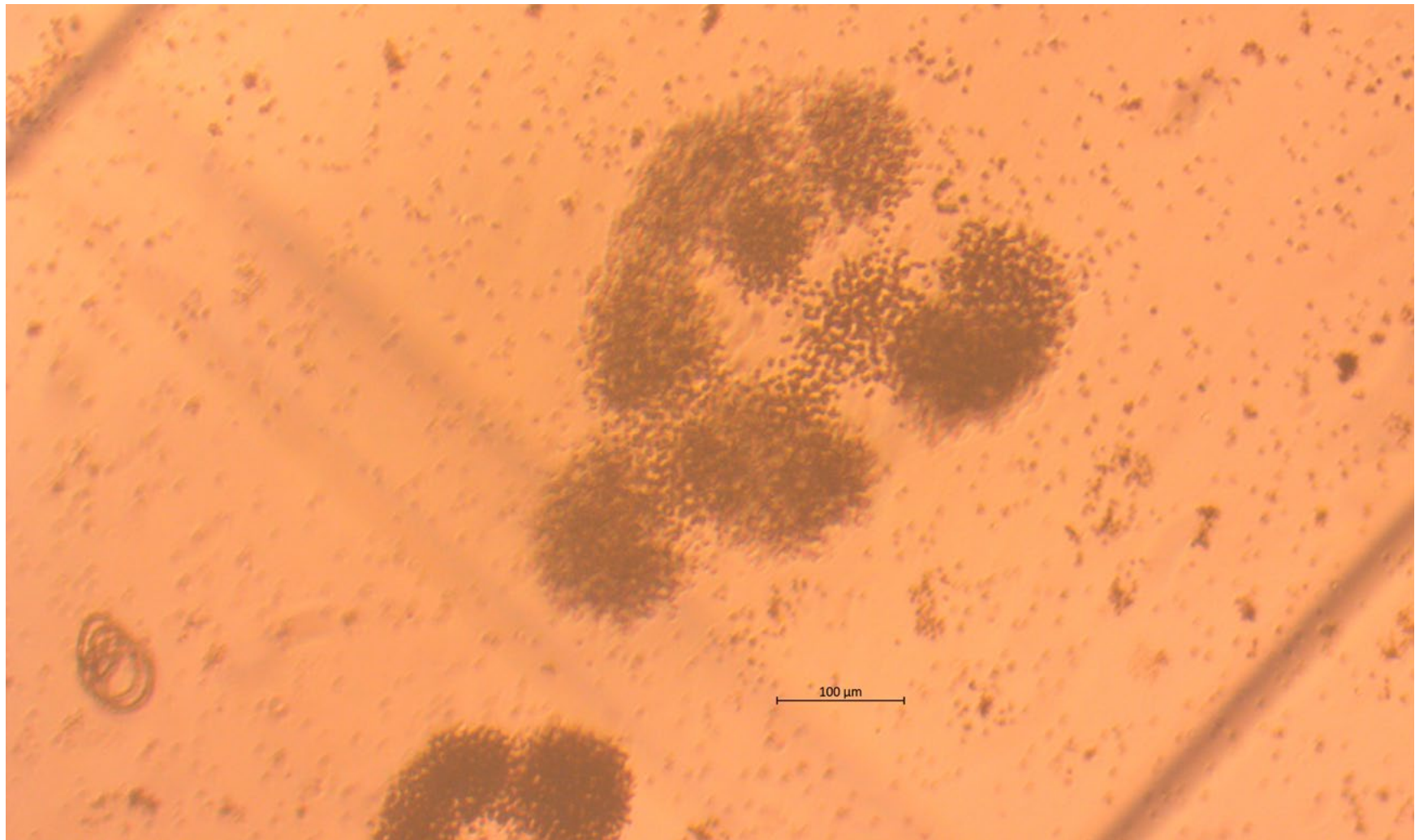


Microcystis cf. aeruginosa

(Kütz.) Kütz., 1846

Orden: Chroococcales

Familia: Microcystaceae

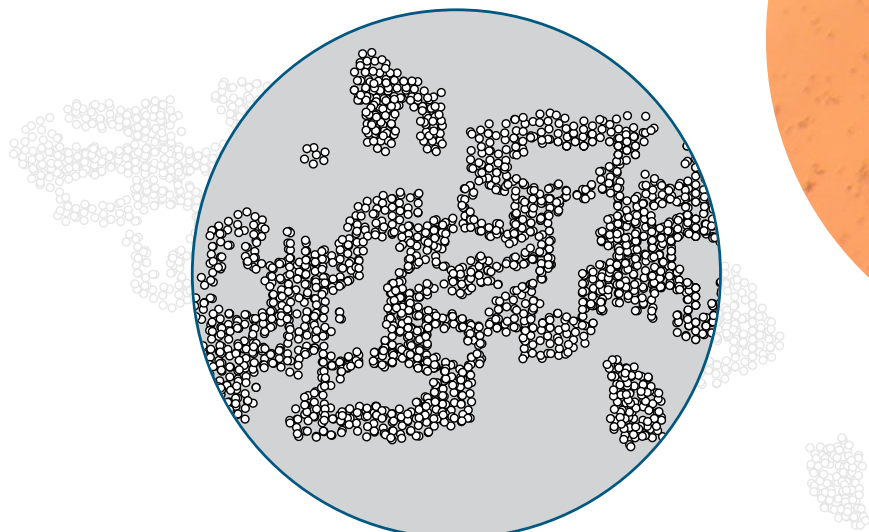


Descripción

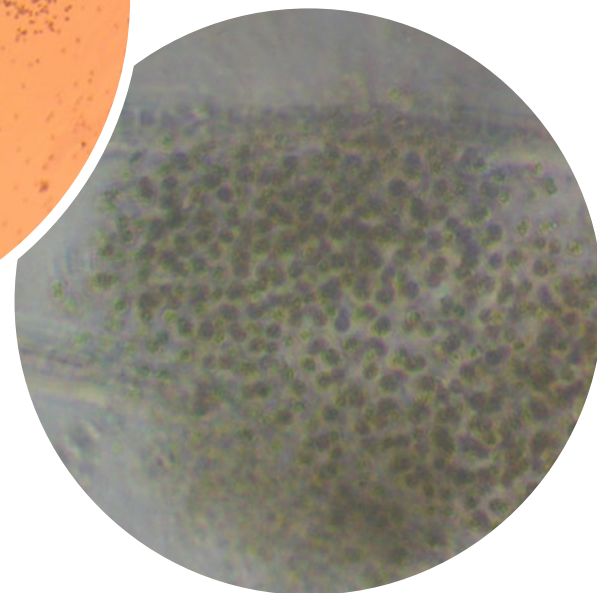
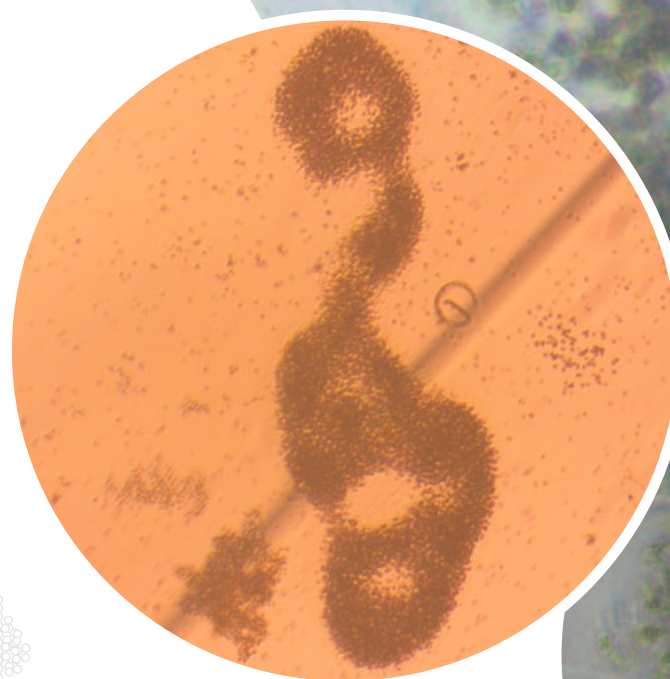
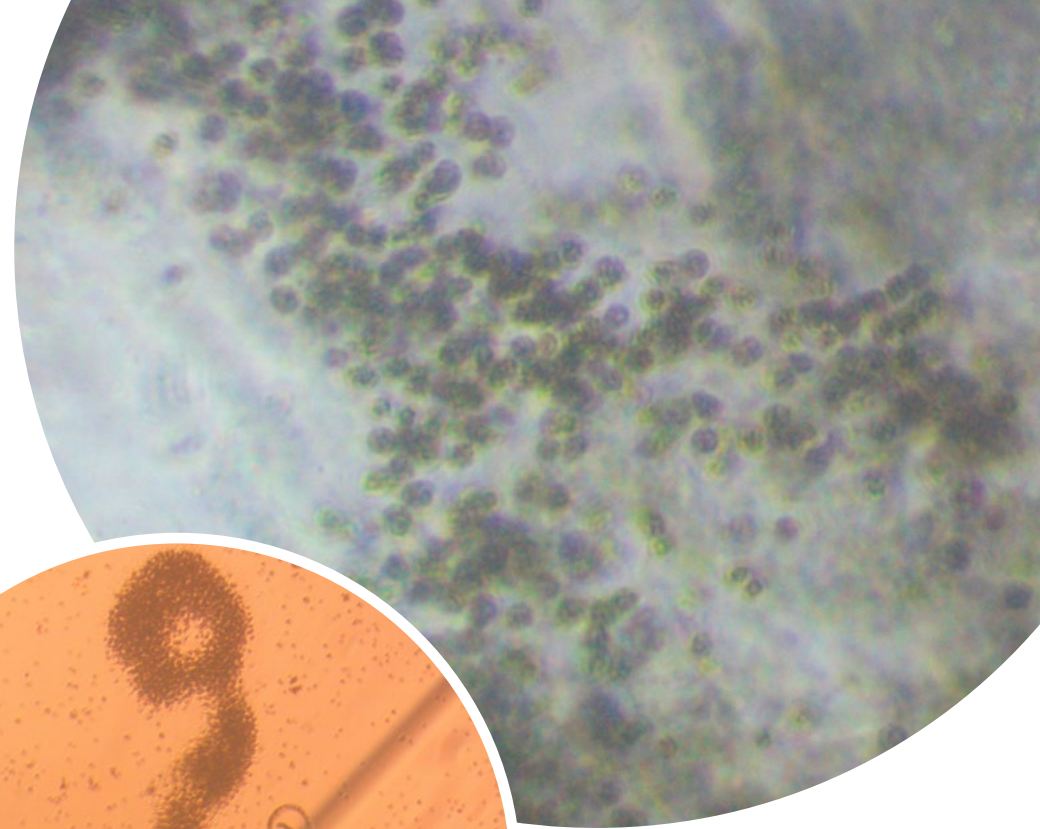
Colonias firmes e irregulares y que pueden ser esféricas cuando son colonias jóvenes (Lee, Choi & Watanabe, 1997). Colonias de borde lobulado y con agujeros (colonias antiguas) (Komárék & Komáková 2002), y diámetro de la célula de 4-6.5 μm (Whitton 2012).

Toxinas

- Microcistina, lipopolisacáridos (Moosavá et al. 2019).



Representación esquemática

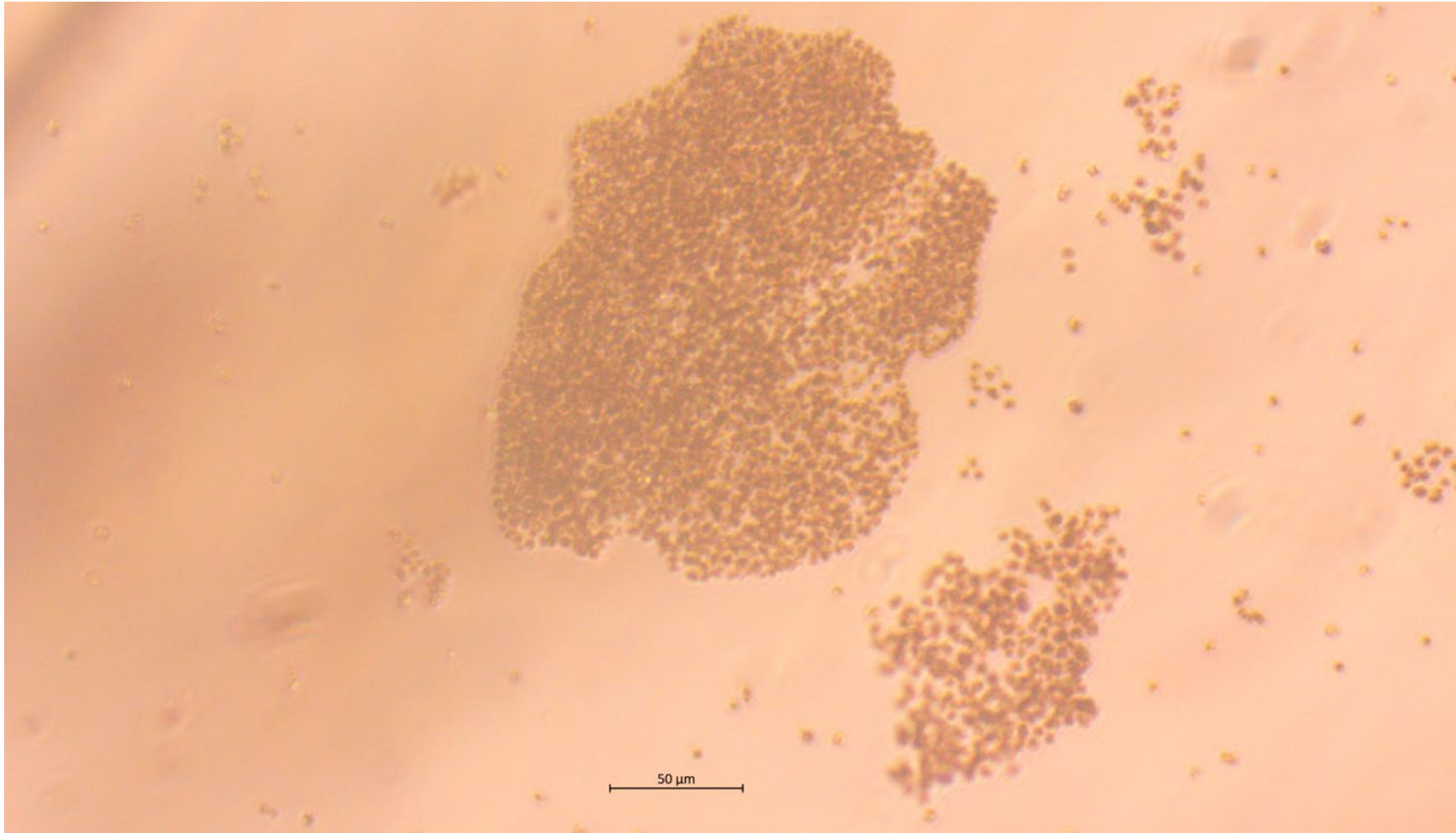


Microcystis cf. panniformis

Komárek, Komárková-Legnerová, Sant'Anna, M.T.P.Azevedo,
& P.A.C.Senna 2002.

Orden: Chroococcales

Familia: Microcystaceae

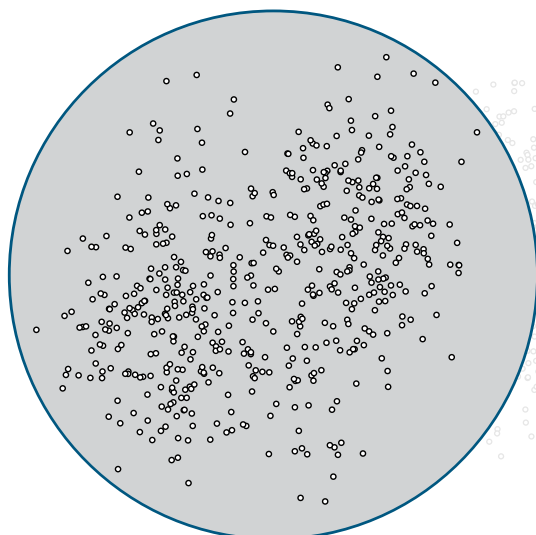


Descripción

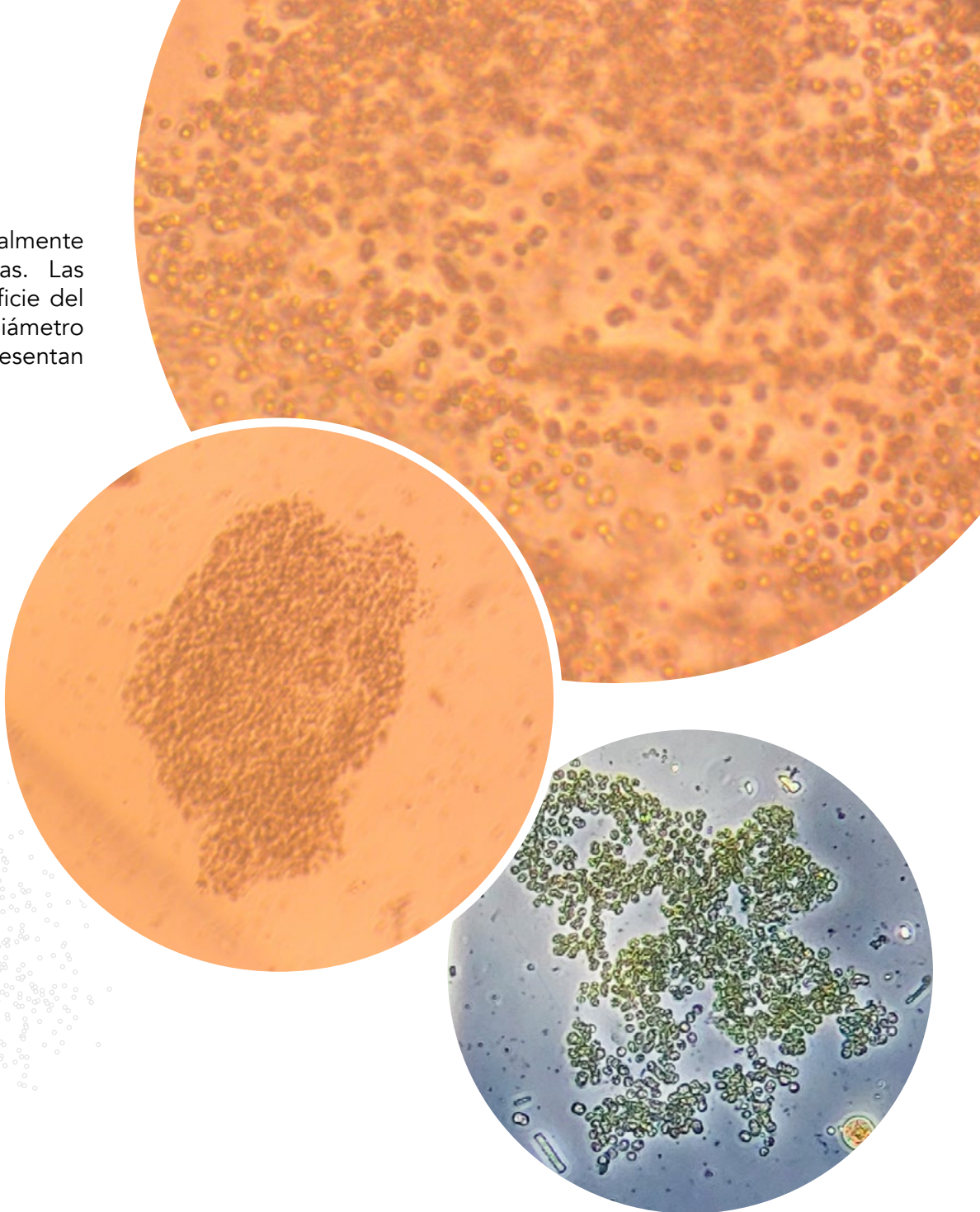
Cianobacterias coloniales micro o macroscópicas, inicialmente irregulares, posteriormente redondeadas o alargadas. Las células están densamente agregadas en toda la superficie del mucílago, no clatrado; las células son esféricas con un diámetro aproximadamente de 3-4 μm , con mucílago hialino; presentan aerotopos (Sant'Anna et al... 2004).

Toxinas

- Microcistina (Gu et al... 2018).



Representación esquemática

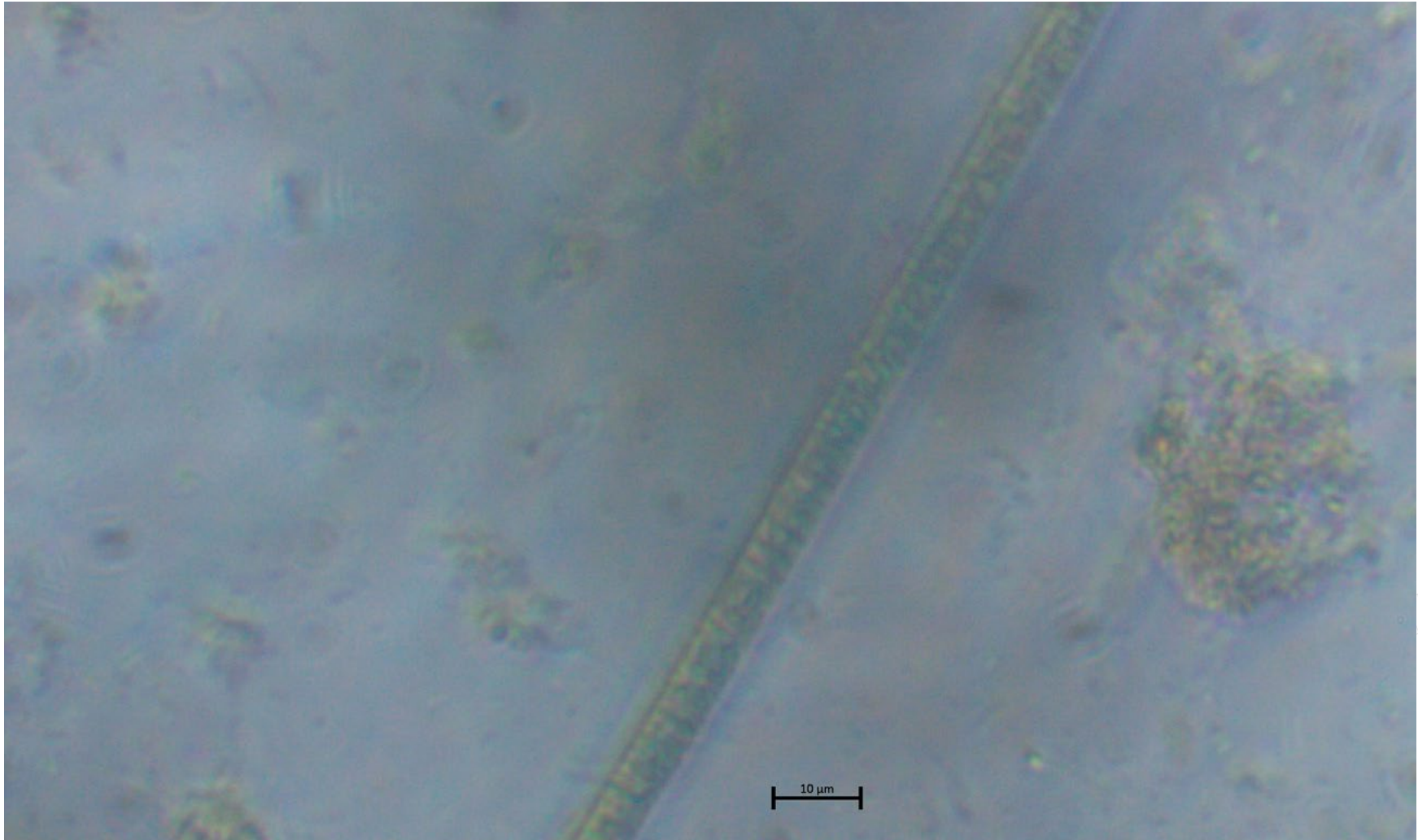


Oscillatoria sp.

Vaucher ex Gomont 1892

Orden: Oscillatoriales

Familia: Oscillatoriaceae

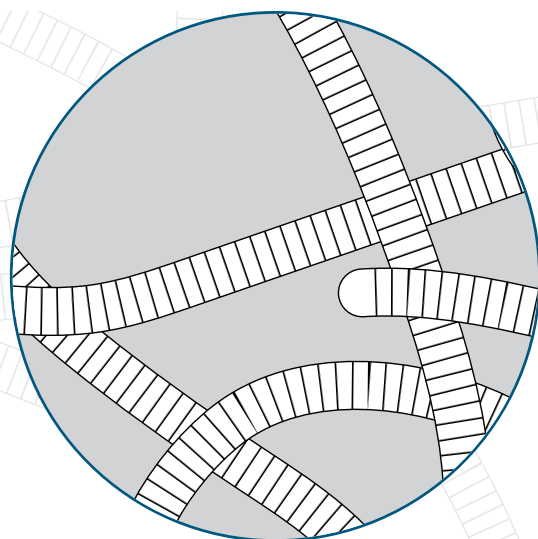


Descripción

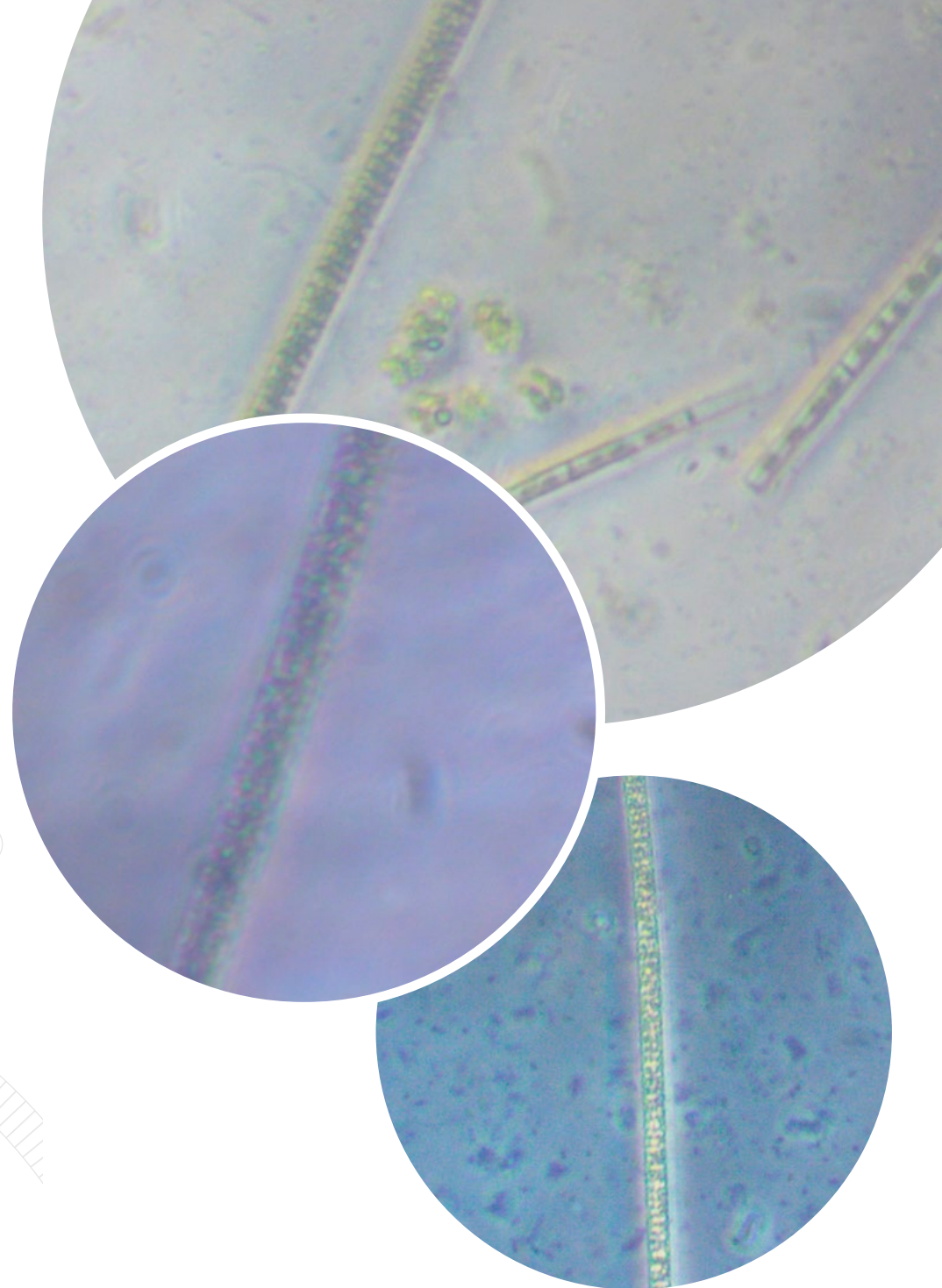
Tricomas de color verde azulado a verde parduzco, ocasionalmente morado cuando es viejo, muy móvil, no muy o ligeramente contraído en las paredes transversales, a veces estrechándose hacia los extremos a menudo doblados. Sección central de los tricomas (19) 22–80 μm de ancho (Mühlsteinová et al. 2018). Tabiques transversales no granulados; contenido celular homogéneo; célula apical corta cónica redondeada (Zanini et al. 2003), y a veces amarillentas (junto con varias células adyacentes). Pared celular incolora y gruesa, células necríticas presentes, vaina observada solo en cultivo bajo condiciones de estrés (Mühlsteinová et al. 2018).

Toxinas

- Anatoxina-a (James, Sherlock & Stack 1996), microcistina (Pearson et al. 2010), Lingbiatoxina (Bláha et al. 2009) y lipopolisacárido (LPS) (Swanson et al. 2017).



Representación esquemática

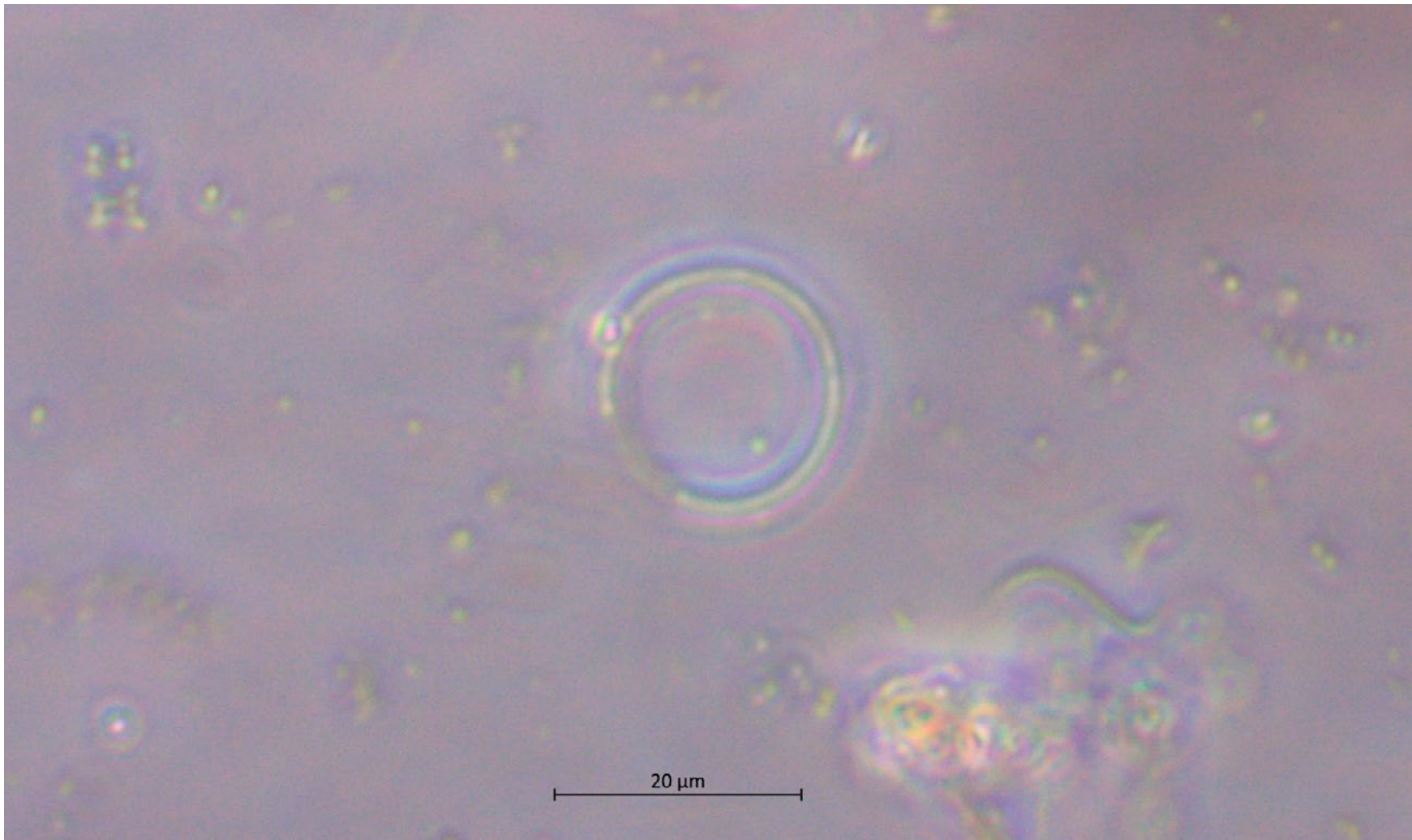


Planktolyngbya sp.

Anagnostidis et Komárek 1988

Orden: Synechococcales

Familia: Leptolyngbyaceae

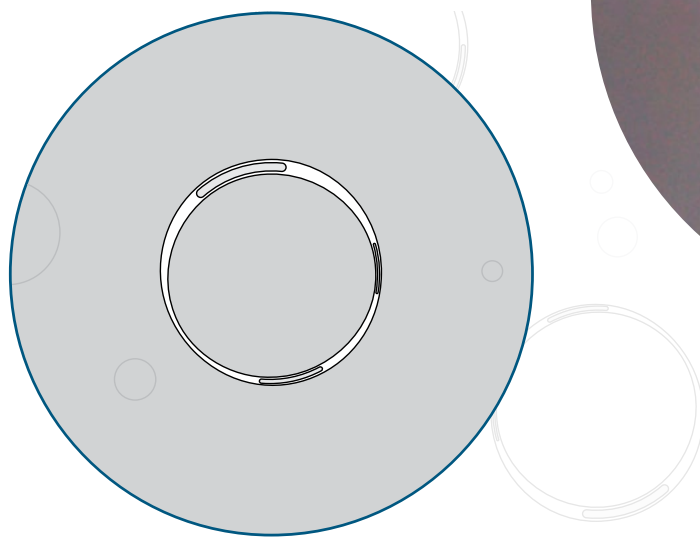


Descripción

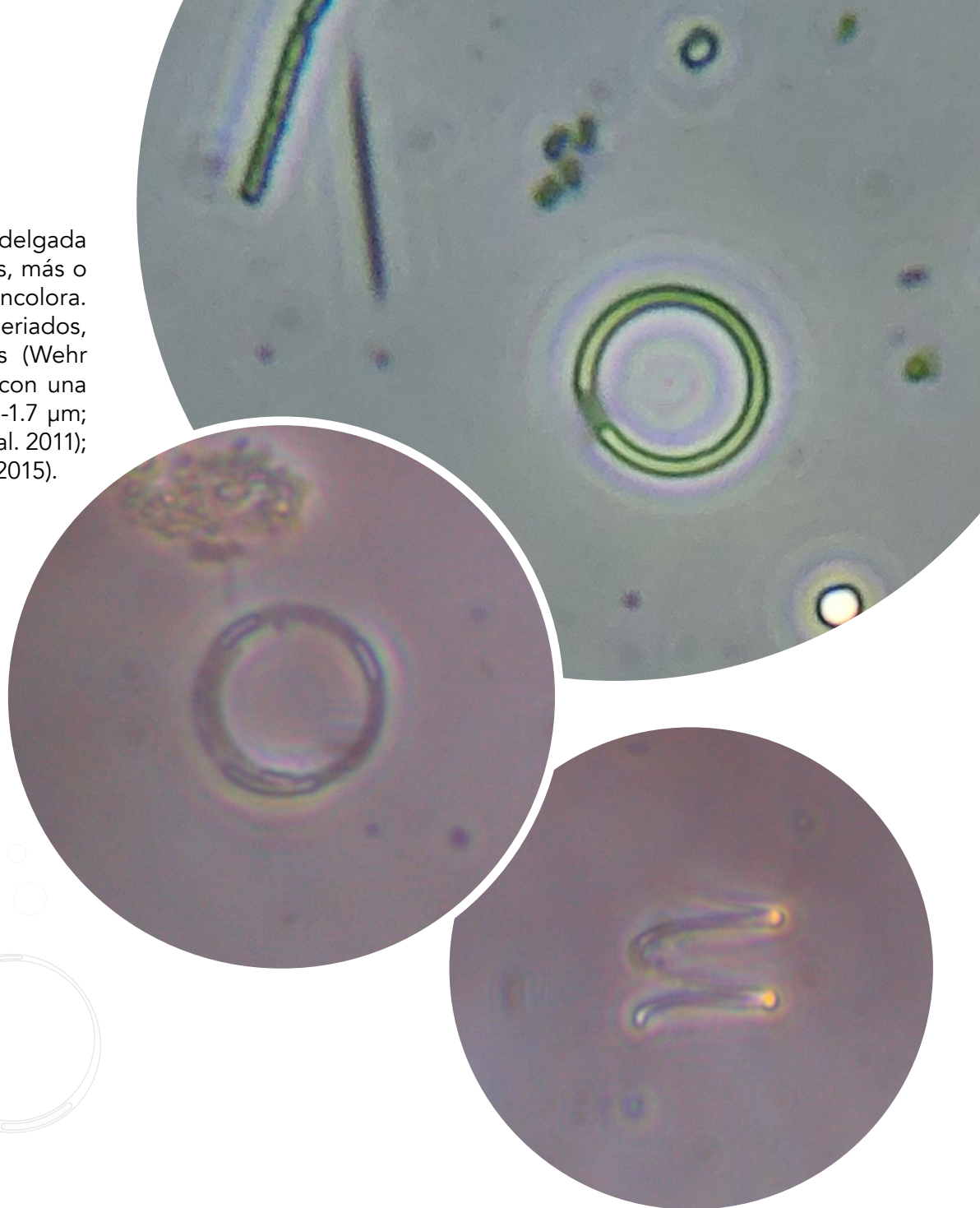
Cianobacterias filamentosas de vida libre, solitaria y delgada que flotan libremente. Son rectas y flexibles, onduladas, más o menos en espiral; presentan vaina firme y delgada e incolora. Los tricomas no son móviles, cilíndricos, isopolares, uniseriados, no restringidos. Las células son cilíndricas alargadas (Wehr et al. 2015); los tricomas miden entre 53.8-534.1 μm , con una longitud de 1.6-3.1 μm ; el ancho de la célula es de 1.6-1.7 μm ; las células apicales tienen forma redondeada (Pineda et al. 2011); sin aerotopos solitarios polares facultativos (Wehr et al. 2015).

Toxinas

- Microcistina (Pineda et al. 2012)



Representación esquemática

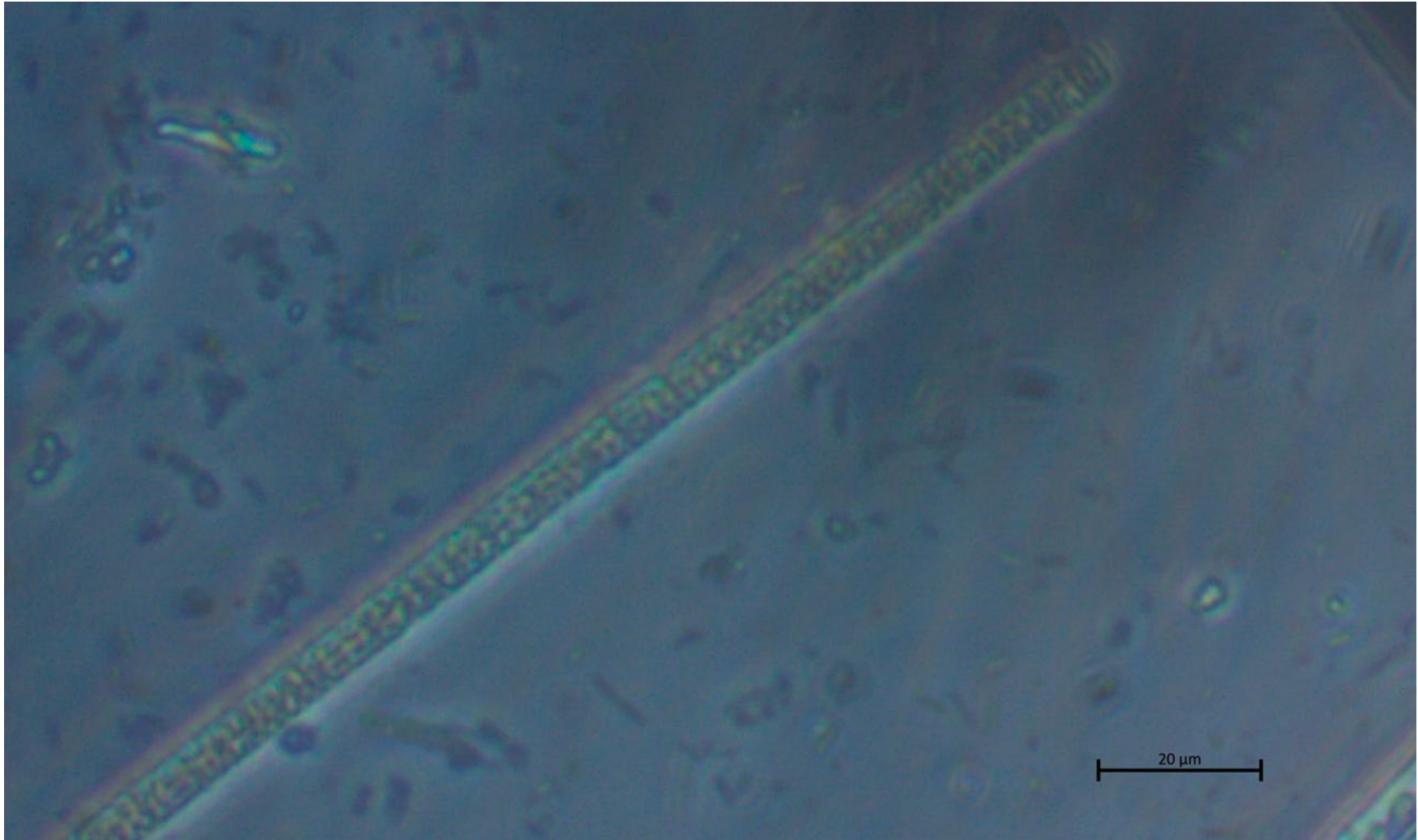


Planktothrix isothrix

(Skuja) Komárek & Komárková 2004

Orden: Oscillatoriales

Familia: Microcoleaceae

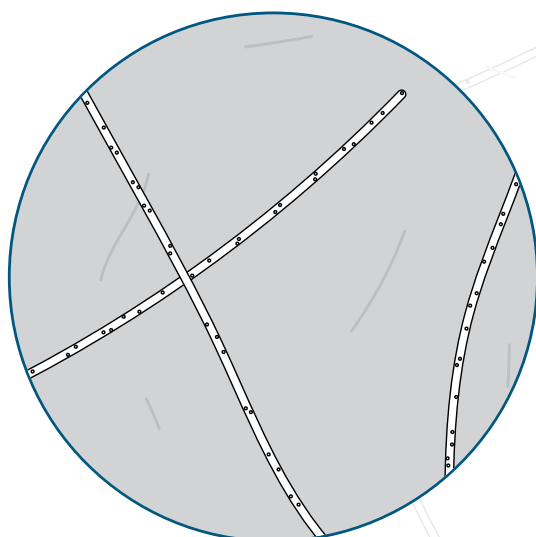


Descripción

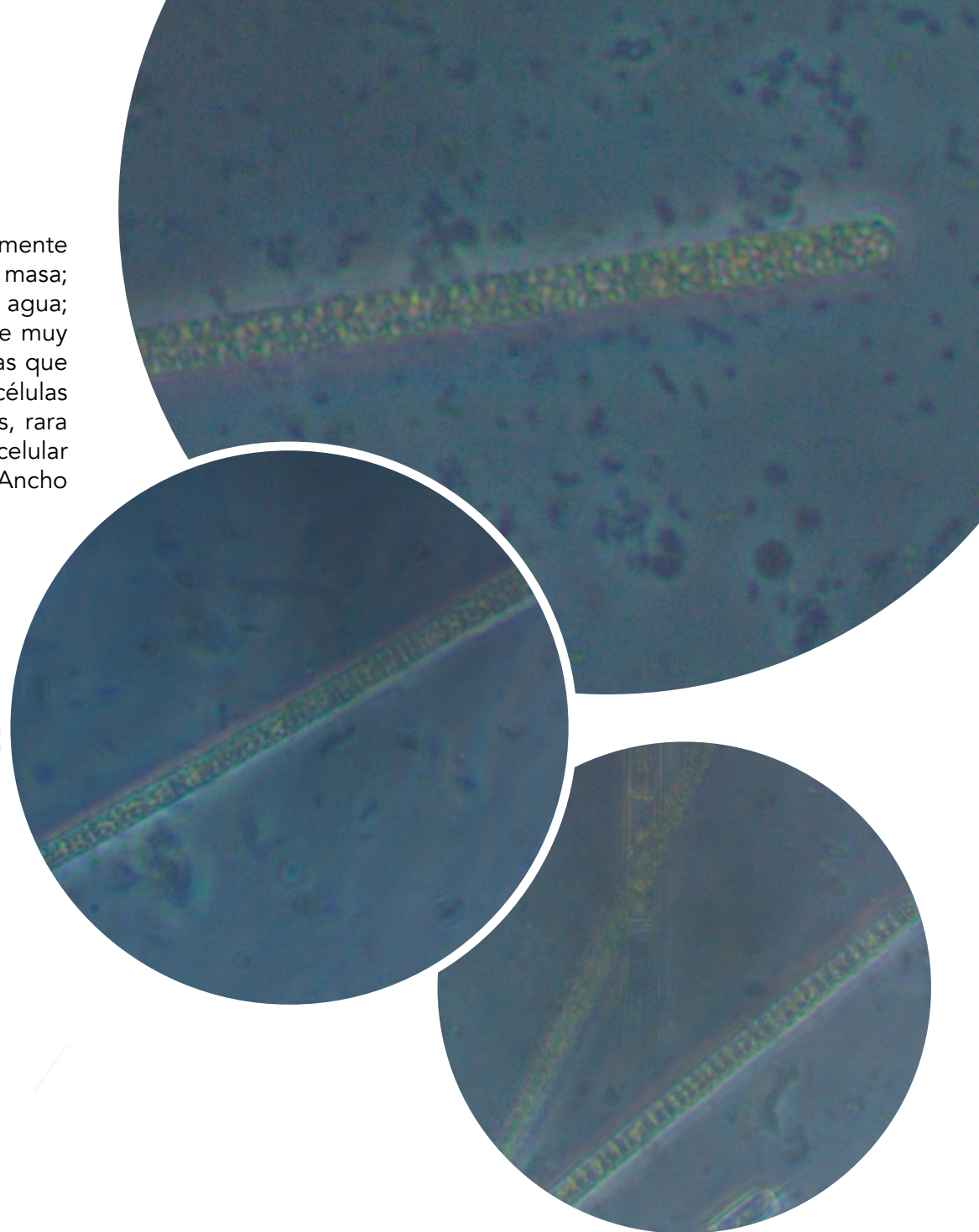
Cianobacterias filamentosas, flotan libremente, generalmente sin vaina; tricomas de color verde azulado a oscuro en masa; solitarios que a menudo forman floraciones en el agua; generalmente rectos o ligeramente curvos, generalmente muy largas de hasta 3.5 mm. Células generalmente más cortas que anchas o casi isodiamétricas, presentan aerotopos; células apicales cilíndricas y ampliamente redondeadas o planas, rara vez cónicas, sin caliptra, a veces engrosadas en la pared celular externa. Sin heterocistes y acinetos (Park b et al. 2012). Ancho del tricoma de 5.5-10 μm (Komárek & Komárková 2004).

Toxinas

- Microcistina (Sant'Anna et al. 2008).



Representación esquemática

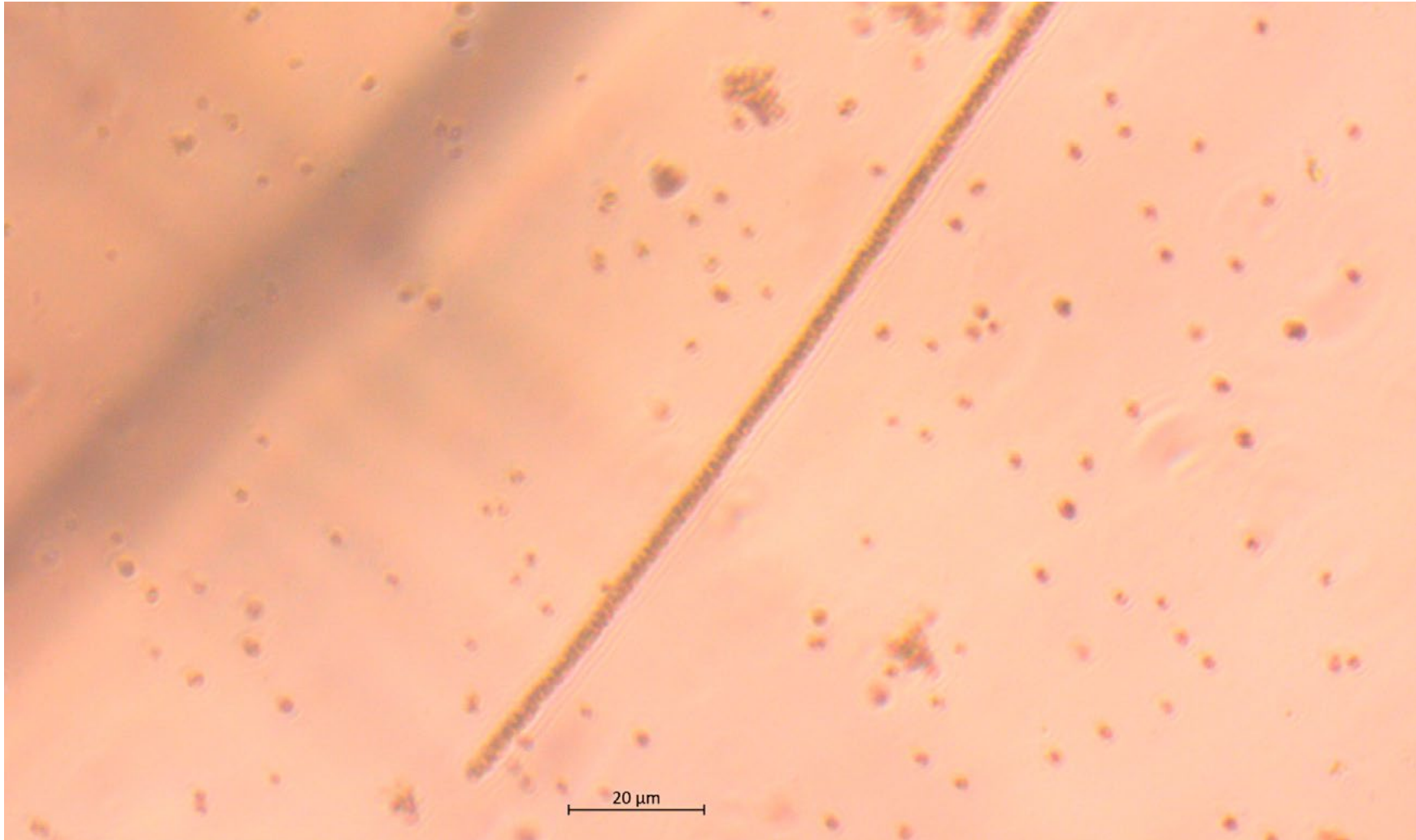


Planktothrix sp.

K.Anagnostidis & J.Komárek, 1988

Orden: Oscillatoriales

Familia: Microcoleaceae



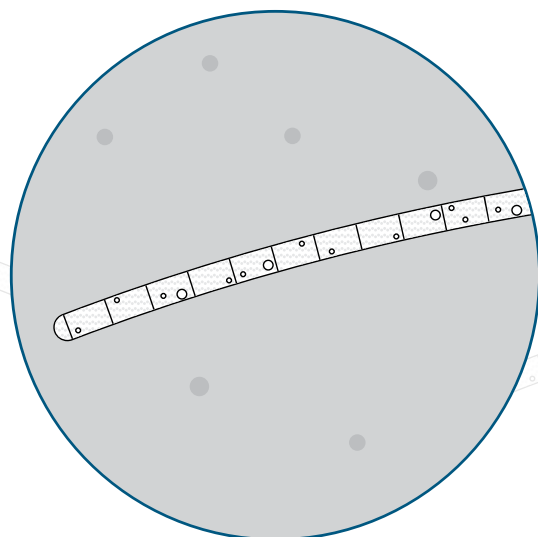
Descripción

Cianobacterias plantónica en forma de filamentos, sin vaina o presentan facultativamente bajo condiciones de estrés. Los filamentos son muy delgados, incoloros y difluentes, solitarios o raramente en pequeños fascículos irregulares, más o menos

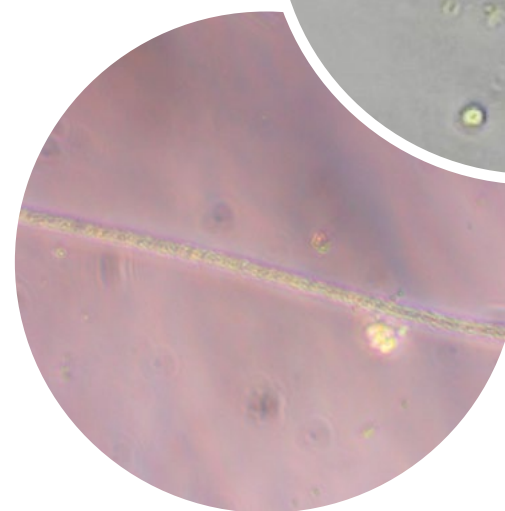
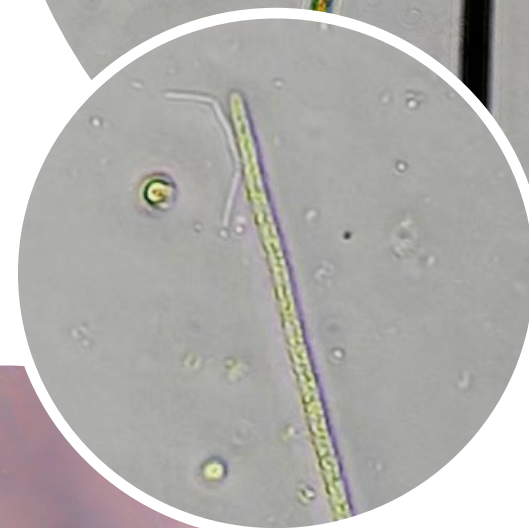
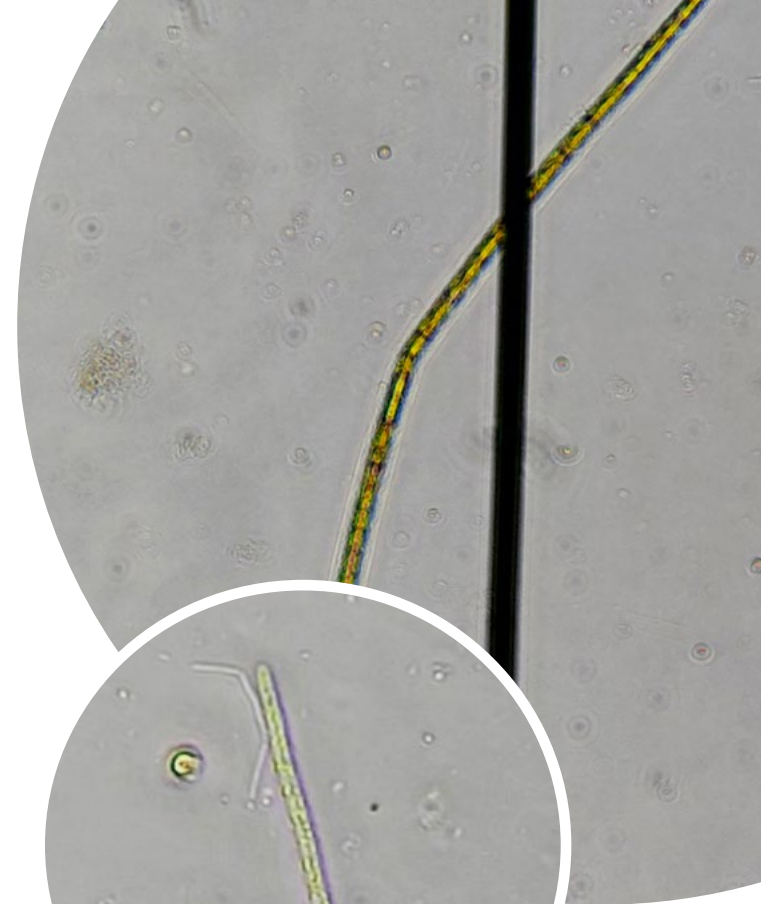
rectos o ligeramente ondulados (Park 2012). Los tricomas son solitarios, más o menos rectos o ligeramente irregulares, ondulados o curvos, son isopolares, cilíndricos no restringido o constreñidos en las paredes transversales. La longitud de los tricomas es de hasta 4mm; con (2.3) 3 - 12 (15) μm .

Toxinas

- Anatoxina-a (Mariani et al. 2015), Saxitoxina (Stoyneva et al. 2017), microcistina (Bláha et al. 2009).
- Microcistina (Stoyneva et al. 2017).



Representación esquemática

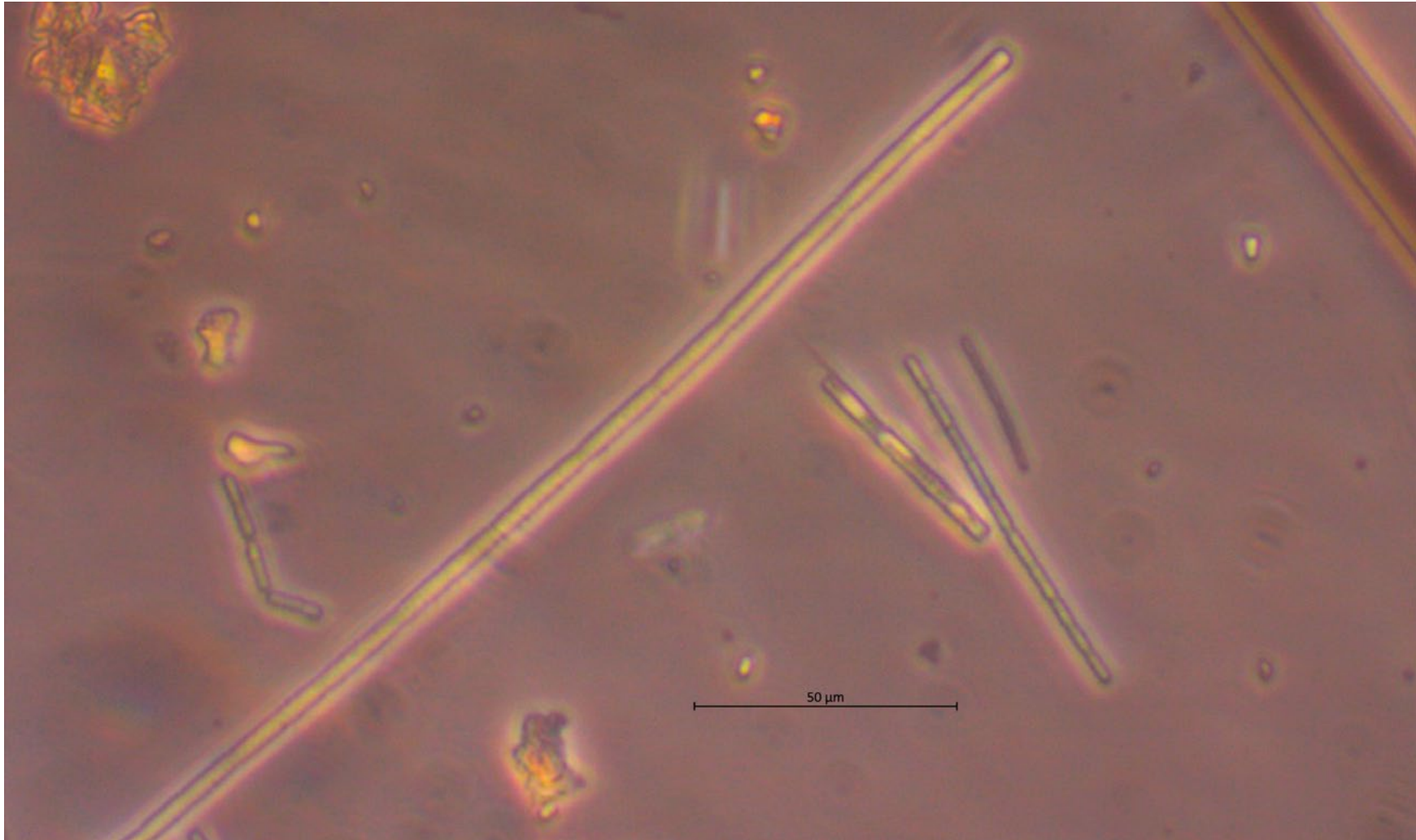


Pseudanabaena catenata

Lauterborn 1915

Orden: Synechococcales

Familia: Pseudanabaenaceae

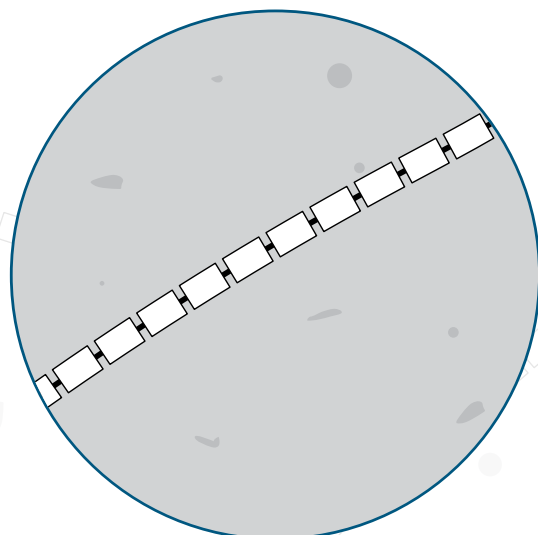


Descripción

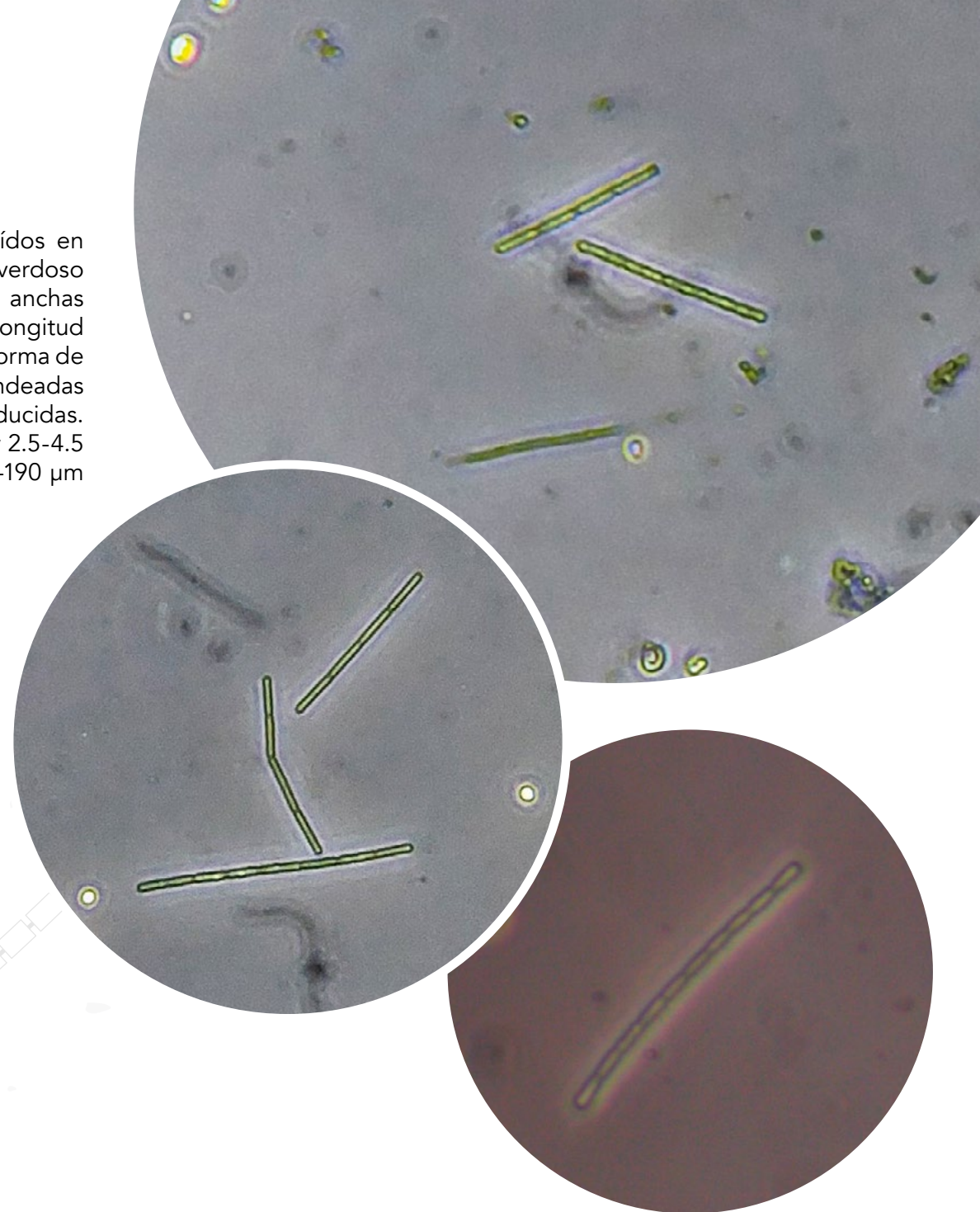
Tricomas rectos, cortos y móviles sin rotación; contraídos en las paredes transversales. Las células son de color azul verdoso pálido, isométricas o hasta dos veces más largas que anchas aproximadamente de 1.2-2.2 μm de ancho y 2-5 μm de longitud (Khan et al. 2017). Las células son cilíndricas, rectas o en forma de barril (dolioliformes). Células apicales cilíndricas arredondeadas o levemente cónica truncada; paredes transversales reducidas. Ancho de las células es de aproximadamente 2-2.5 μm y 2.5-4.5 μm de largo; el tricoma presenta un diámetro entre 20-190 μm de largo (Muciño et al. 2015).

Toxinas

- Microcistina, nodularina, Saxitoxina (Stoyneva et al. 2017).



Representación esquemática



Pseudanabaena cf. minima

(G.S.An) Anagnostidis 2001

Orden: Nostocales

Familia: Aphanizomenonaceae

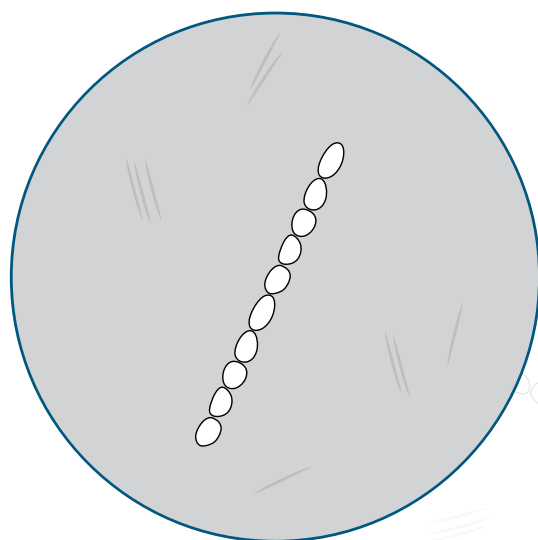


Descripción

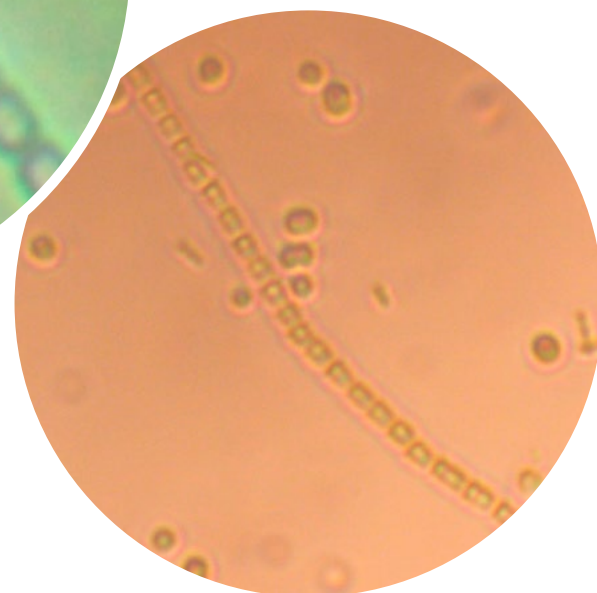
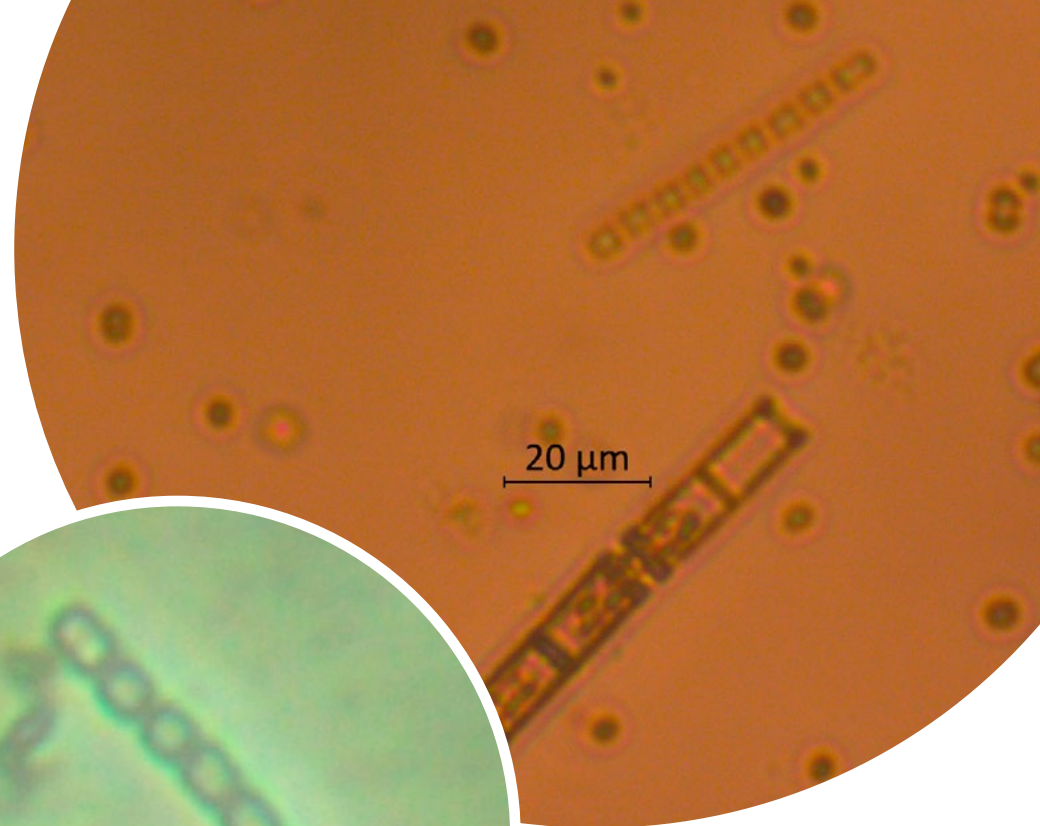
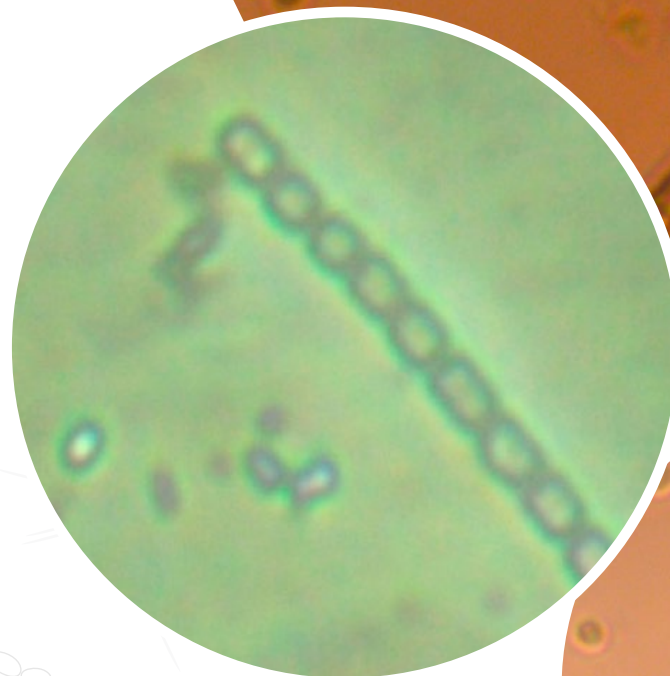
Tricomas cortos, rectos o curvados, de color azul verdoso pálido, con ancho de 1.8 – 2 mm. Las células son isodiamétricas o más largas que anchas (2 – 4 mm de longitud). Contenido celular homogéneo (González et al. 2019).

Toxinas

- No se reporta.



Representación esquemática

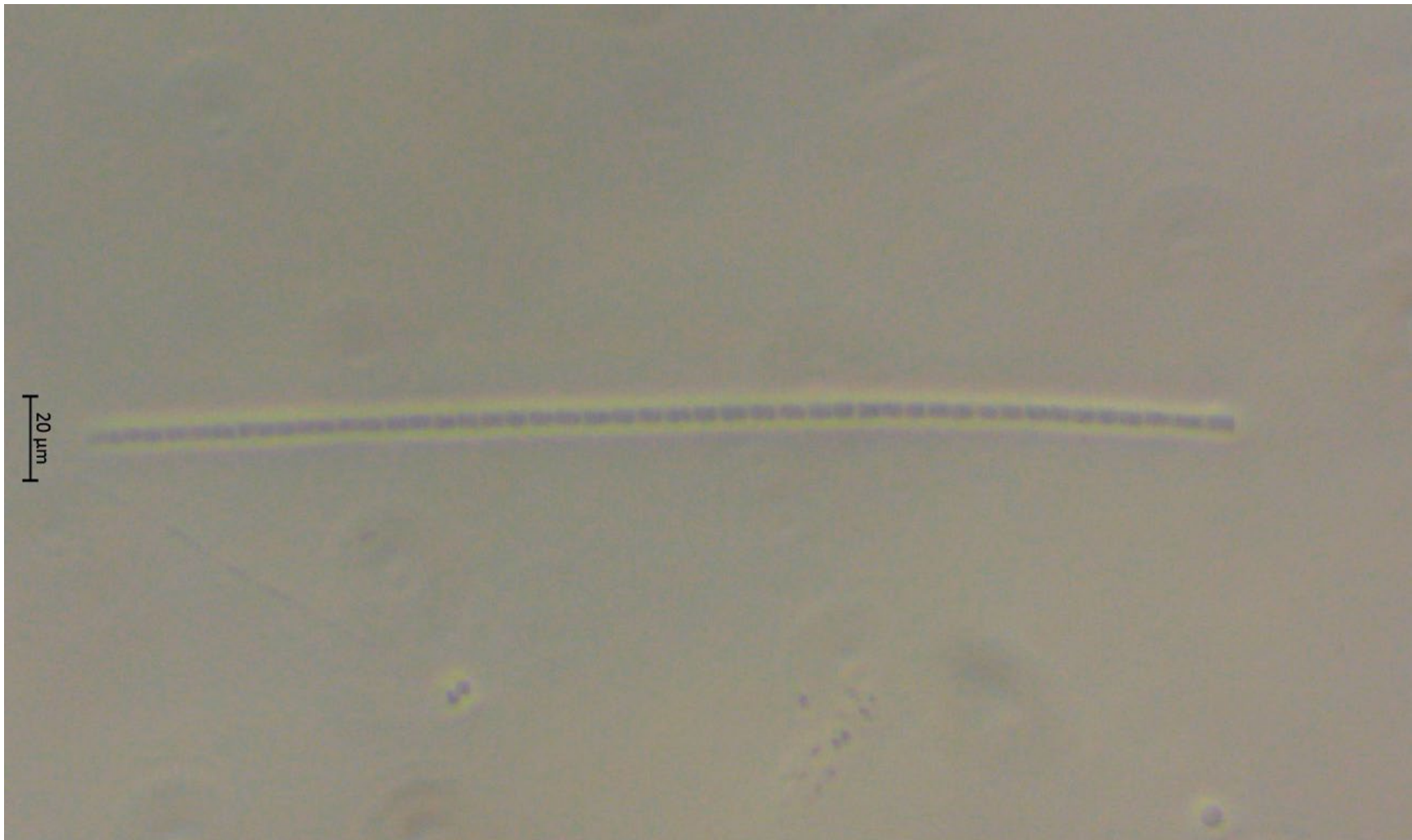


Pseudanabaena galeata

Böcher 1949

Orden: Synechococcales

Familia: Pseudanabaenaceae

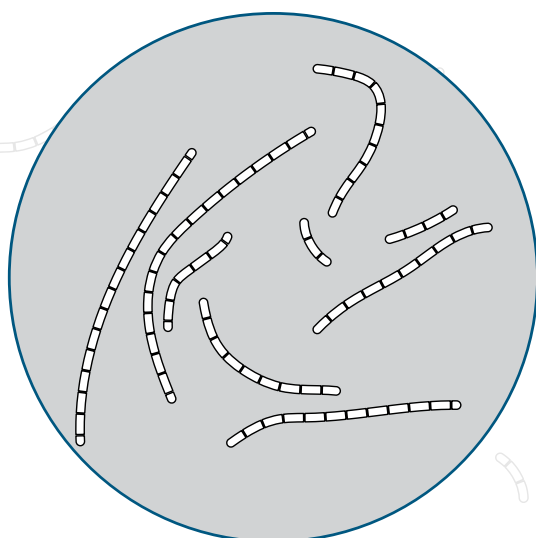


Descripción

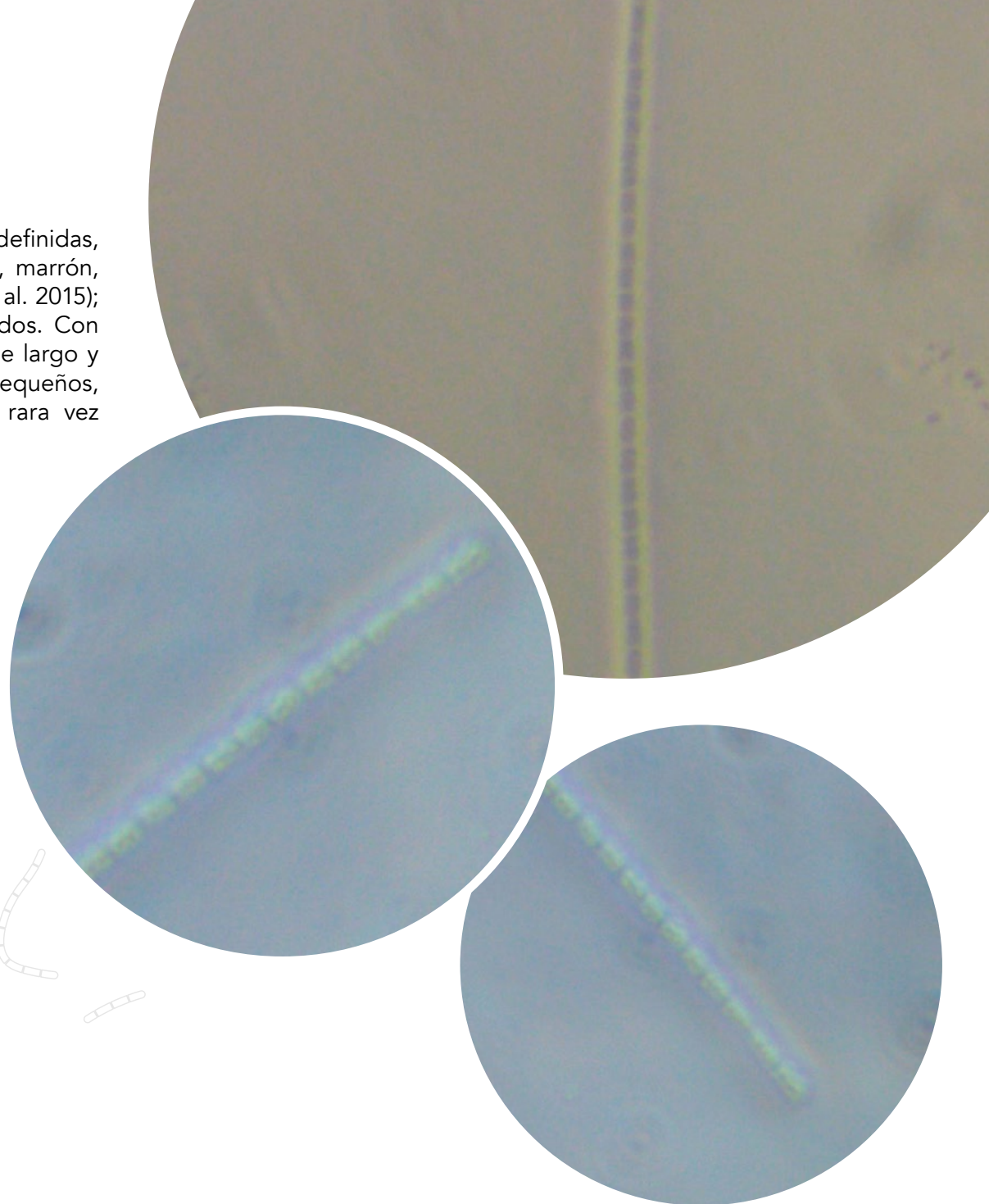
Tricomas generalmente en colonias finas, delgadas, indefinidas, a veces solitarias. Los tricomas son de color violeta, marrón, amarillo parduzco, gris parduzco o azul verdoso (Yu et al. 2015); son móviles, rectos o curvos, los septos son contraídos. Con ápice atenuado; las células son cilíndricas de 4.5 μ m de largo y 1.8-2.0 μ m de ancho; dos aerotopos polares a menudo pequeños, con contenido granular. Célula apical redondeada, rara vez cónica (Nogueira et al. 2011).

Toxinas

- Microcistina, Saxitoxina, anatoxina-a (Teneva et al. 2009).



Representación esquemática

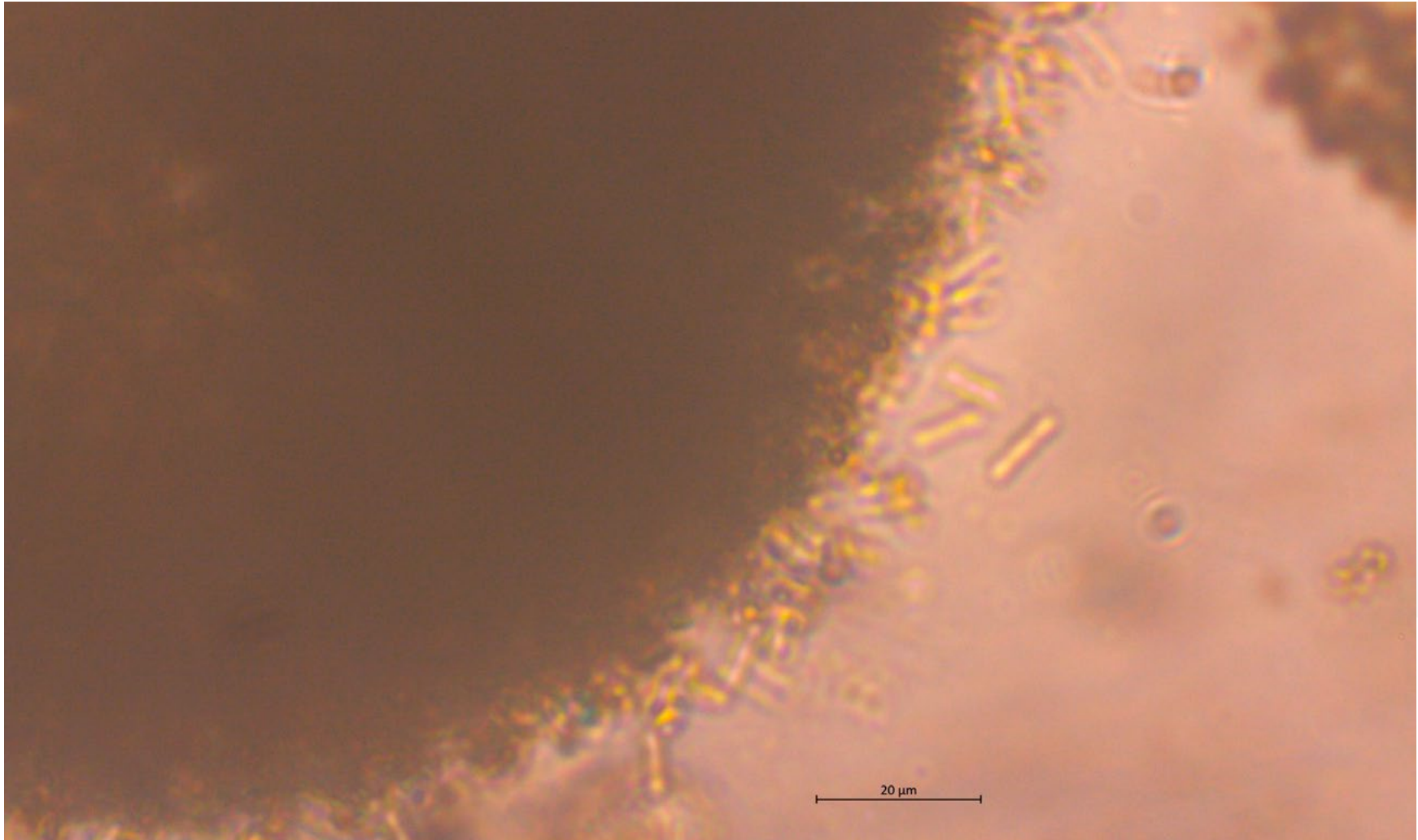


Pseudanabaena cf. mucicola

(Naumann & Huber-Pestalozzi) Schwabe

Orden: Synechococcales

Familia: Pseudanabaenaceae

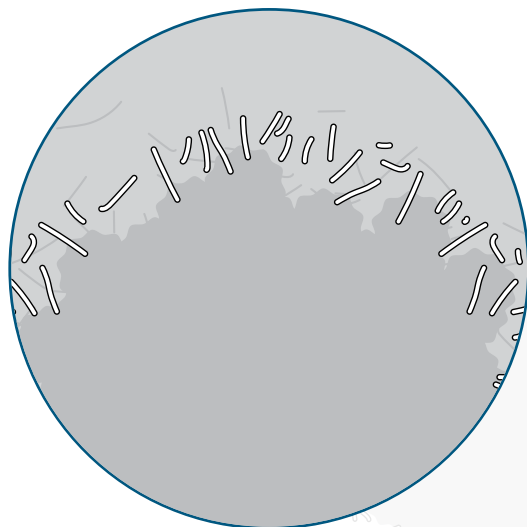


Descripción

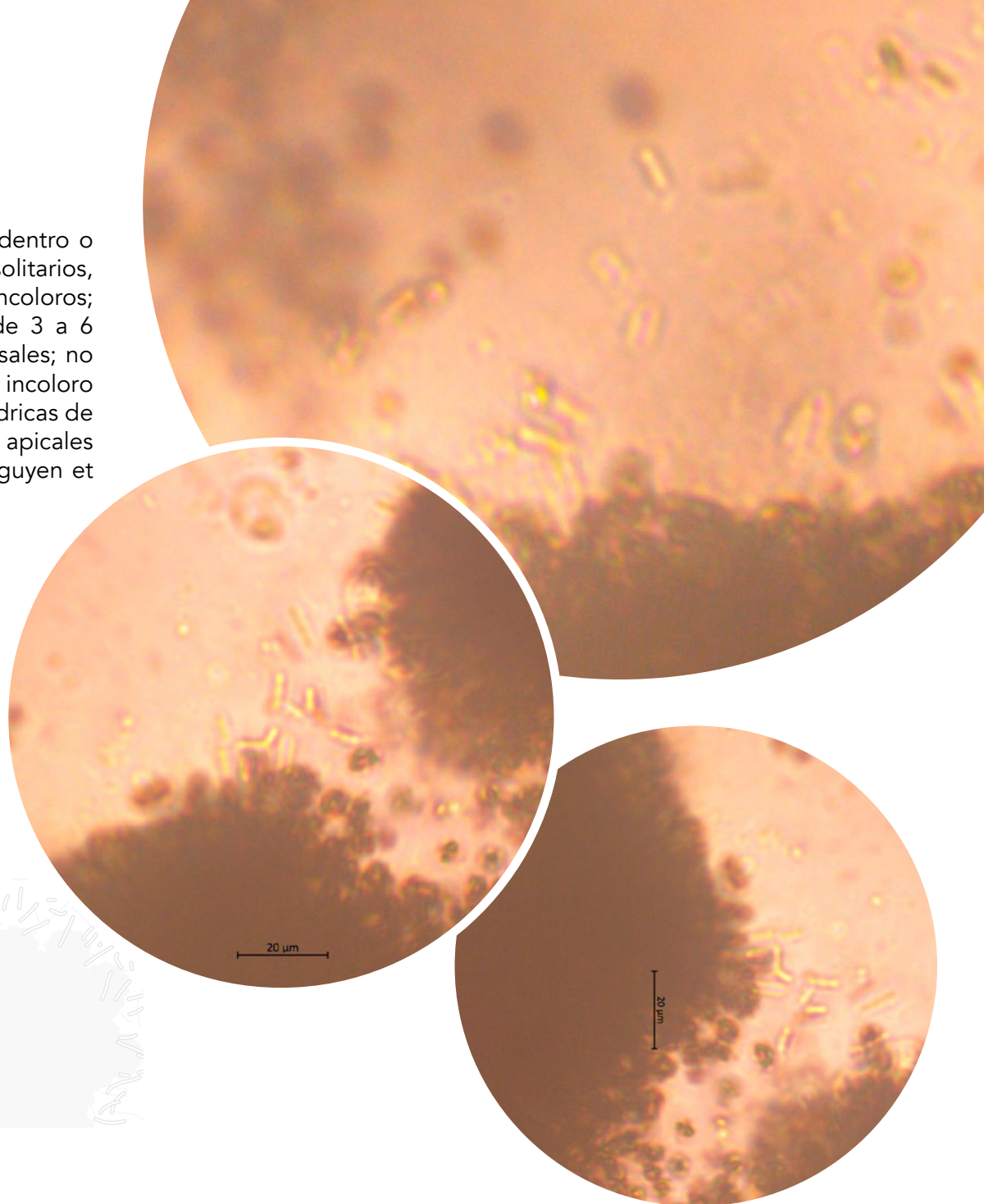
Cianobacterias planctónicas que se pueden encontrar dentro o sobre el mucilago de *Microcystis*. Presentan tricomas solitarios, son de color verde o gris azulado claro o tienden a ser incoloros; son solitarios, rectos o ligeramente curvos, cortos, de 3 a 6 células, claramente contraídos en las paredes transversales; no presentan vainas o con mucilago que puede ser difuso e incoloro (Yu et al. 2015). Las células individuales son largas, cilíndricas de 2.0-2.5 μm de largo y 1.3-2.2 μm de ancho, las células apicales son cilíndricas, con el extremo redondeado cónico (Nguyen et al. 2007).

Toxinas

- Microcistina (Oudra et al... 2002).



Representación esquemática

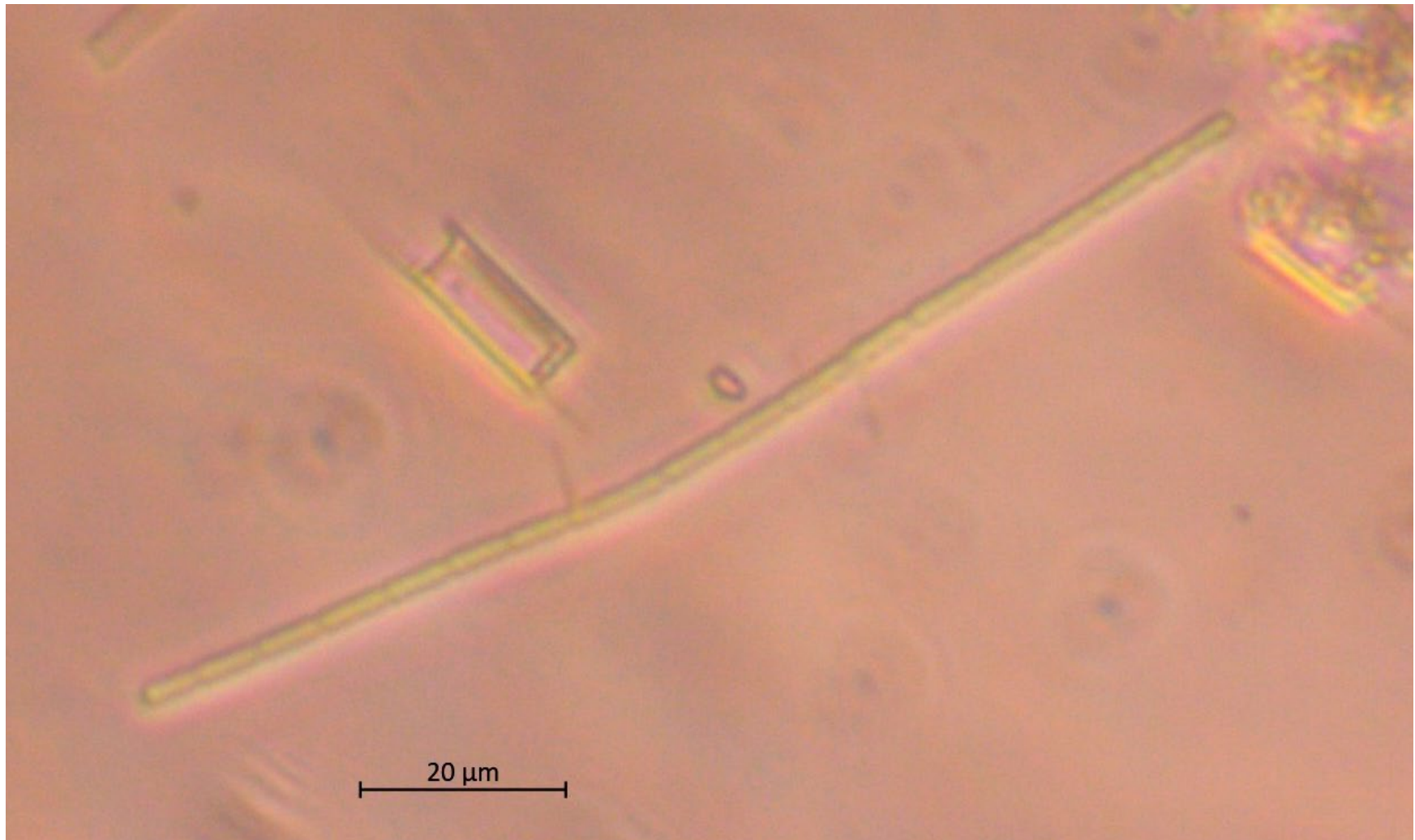


***Pseudanabaena* sp.**

Lauterborn, 1915

Orden: Synechococcales

Familia: Pseudanabaenaceae

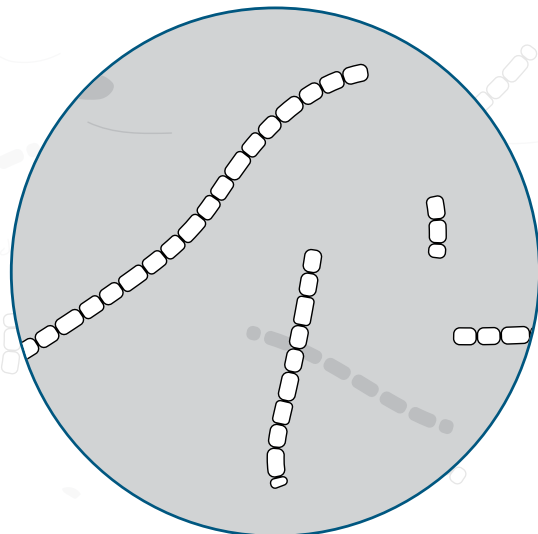


Descripción

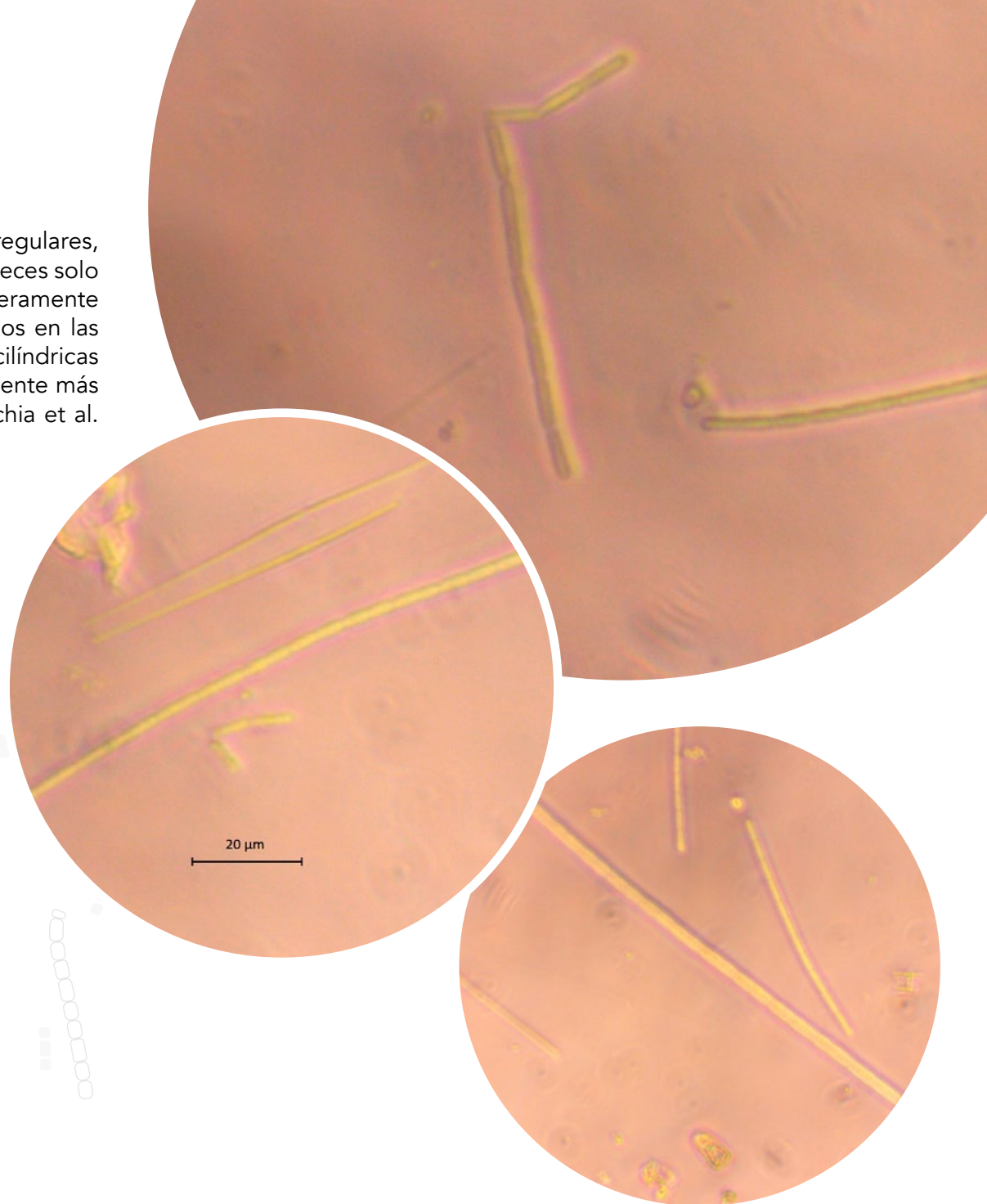
Tricomas cortos aglomerados en grupos pequeños e irregulares, generalmente más o menos dispuestos en paralelo; a veces solo con pocas células, con menos frecuencia más largos, ligeramente enrollados, cilíndricos, sin vainas, claramente contraídos en las paredes cruzadas de 1.8–2.0 μm de ancho. Células cilíndricas de color verde azulado brillante, isométricas o ligeramente más largas que anchas. Celdas finales redondeadas (Turicchia et al. 2009).

Toxinas

- Microcistina (Mariani et al. 2015)



Representación esquemática

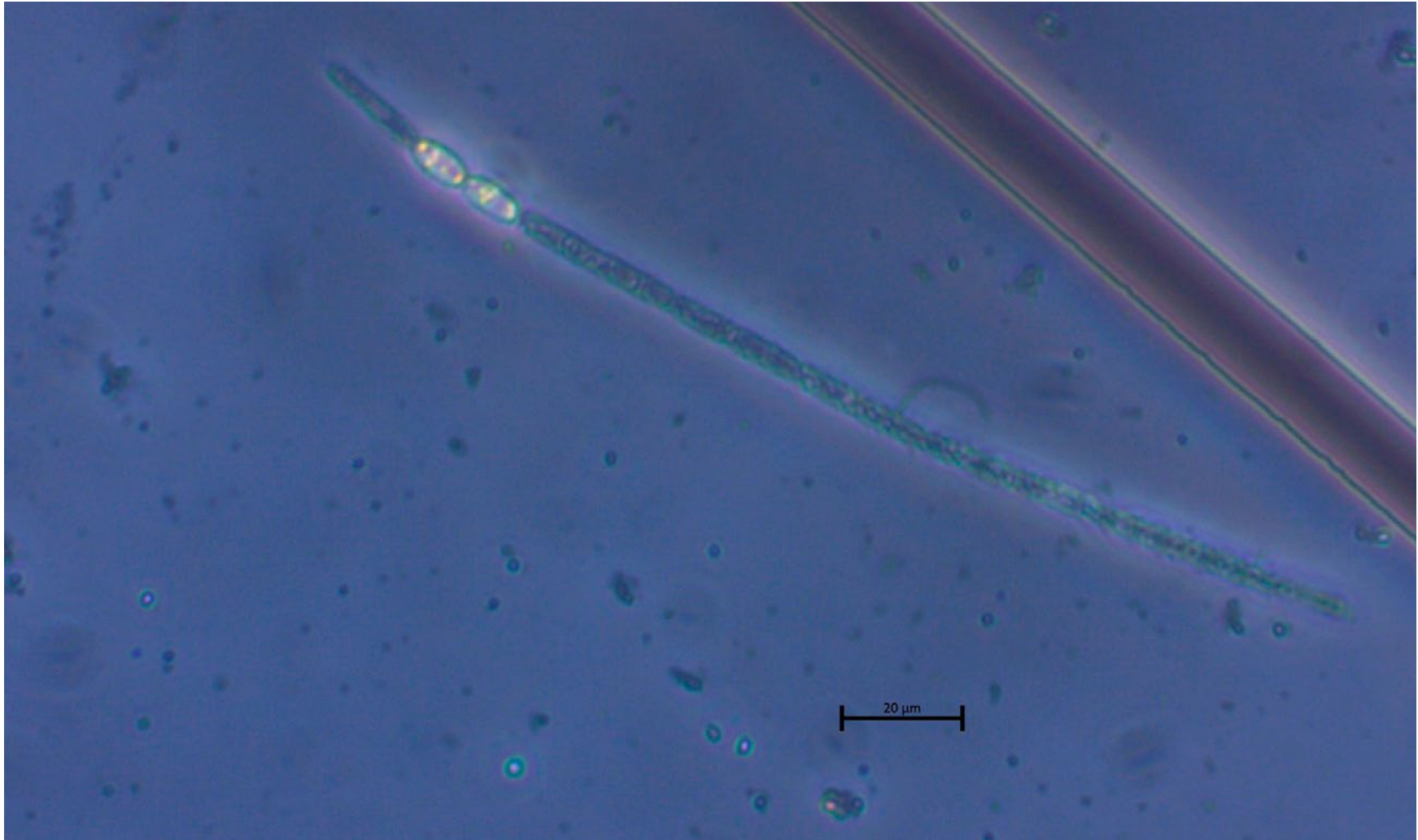


Raphidiopsis cf. mediterranea

Skuja 1937

Orden: Nostocales

Familia: Aphanizomenonaceae

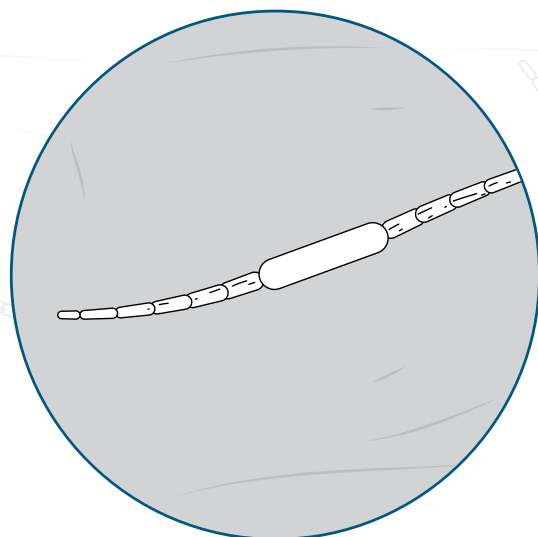


Descripción

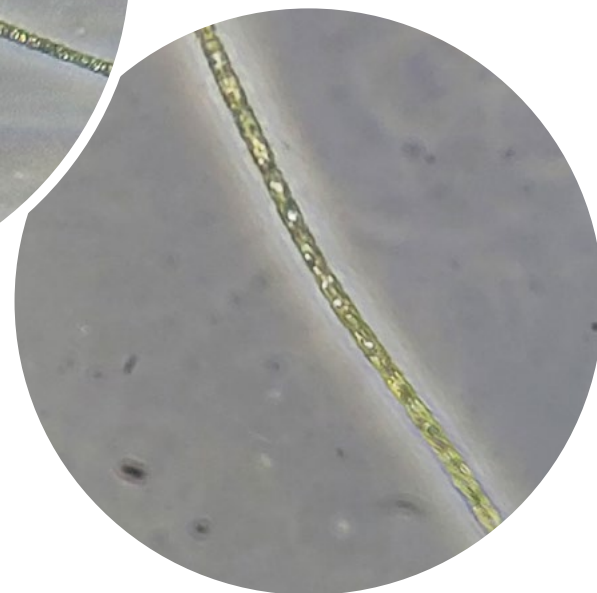
Cianobacterias plantónicas que presentan tricomas rectos o ligeramente curvos, de unos 40-200 μm de largo; los acinetos son intercalares, cilíndricos a ovalados, situados cerca del extremo del tricoma, una de las características distintiva del género es la ausencia de heterocistos; presentan aerotopos (Cronberg & Annadotter 2006).

Toxinas

- Microcistina (Stoyneva et al. 2017), homoanatoxina-a, anatoxina-a (Namikoshi et al. 2003), cilindrospermopsina (McGregor et al. 2011).



Representación esquemática



Raphidiopsis cf. curvispora

(Watanabe, 1995) Aguilera, Berrendero Gómez,
Kaštovský, Echenique & Salerno, 2018.

Orden: Nostocales

Familia: Aphanizomenonaceae



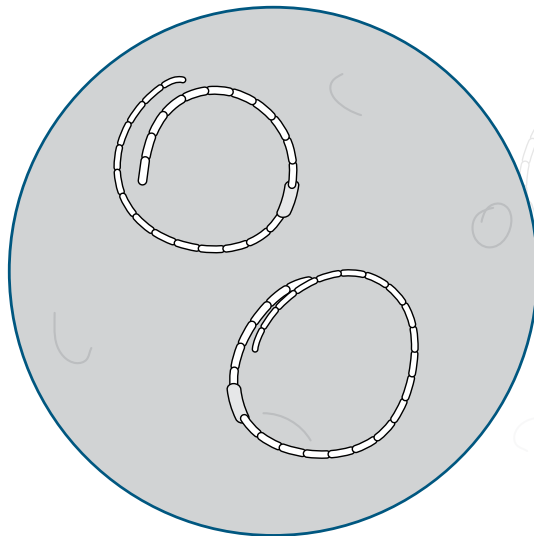
Descripción

Tricomas solitarios, regularmente en forma de tornillo enrollados con una o dos vueltas, cilíndricos, constreñidos en las paredes transversales, raramente en forma recta. Células cilíndricas, ocasionalmente en forma de barril. Casi isodiamétricas, 5.4-8.0-13.4 μm de largo, 3.1-3.9-4.8 μm de ancho, con vesículas de gas, apical células redondeadas en los extremos. Heterocitos en forma de gota a cónicos redondeados en punta al final,

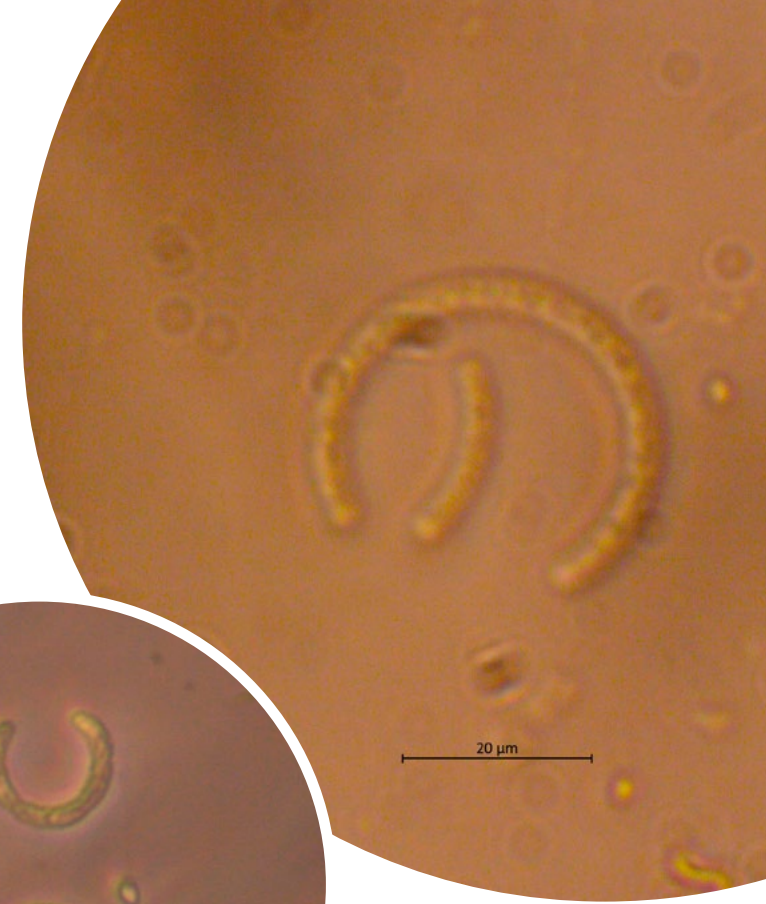
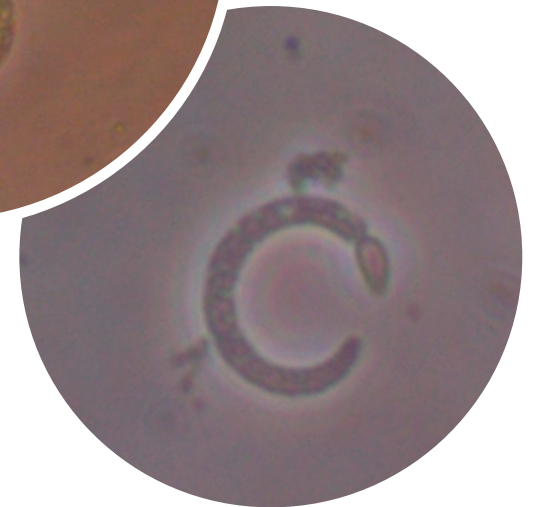
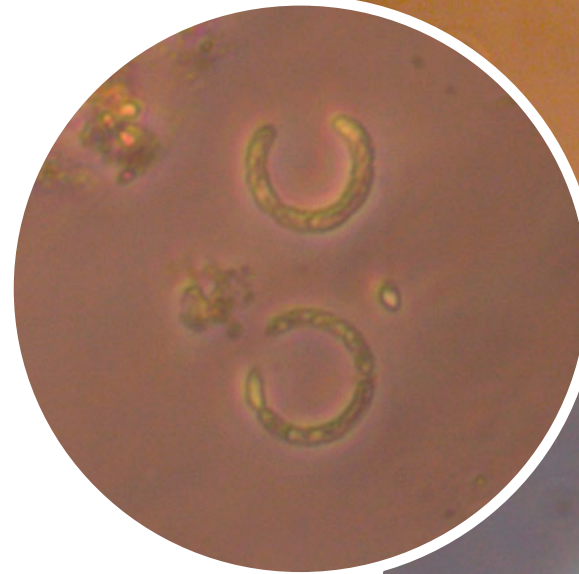
alargados y generalmente curvos, 5.4–7.9–12.4 μm de largo, 2.2–3.4–5.2 μm de ancho. Acinetos cilíndricos con extremos redondeados, generalmente solitarios, cerca de los extremos de los tricomas, ligeramente distante de los heterocitos terminales por 1–3 células vegetativas, 3.3–9.1–14.7 μm de largo, 2.8–4.3–5.4 μm de ancho (Komárek y Komárková-Legnerová, 2003).

Toxinas

- Saxitoxinas y cilindrospermopsinas (Ballot et al. 2014).



Representación esquemática



Raphidiopsis cf. raciborskii

(Woloszynska) Aguilera & al. 2018.

Orden: Nostocales

Familia: Aphanizomenonaceae

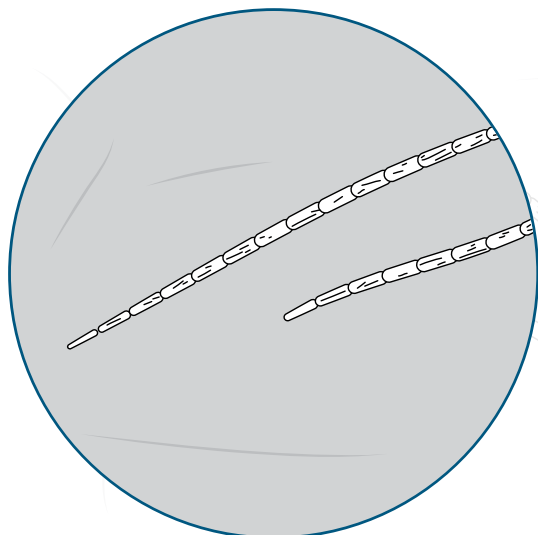


Descripción

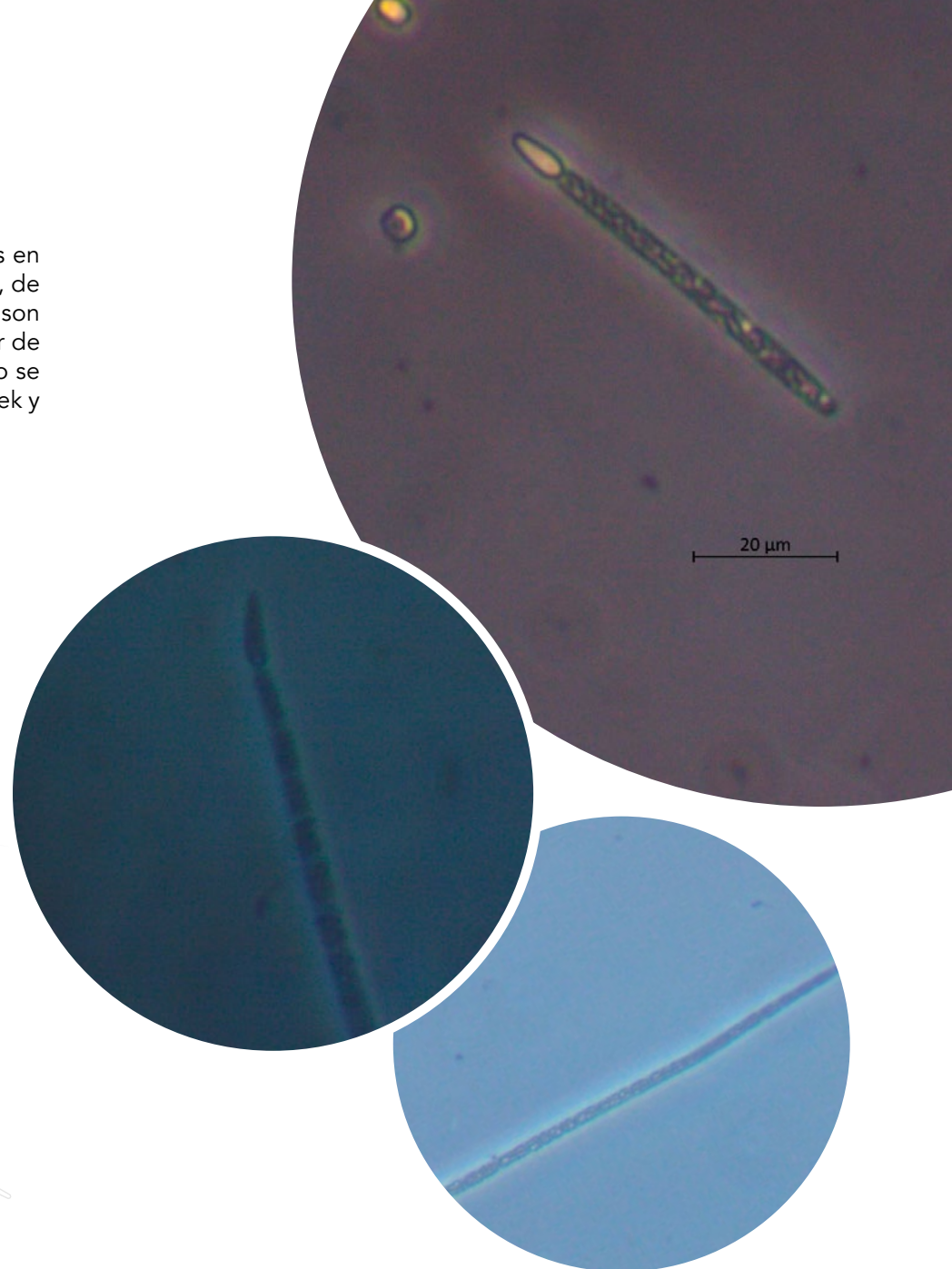
Tricomas rectos, solitarios, no contraídos o incluso levemente contraídos en las paredes transversales. Las células con vesículas de gas son cilíndricas, de 2.1 a 5.8 μm de ancho y de 4.2 a 13.7 μm de largo. Las células terminales son cilíndricas, cónicas o redondeadas. Los heterocitos se desarrollan a partir de una célula terminal. Las células dismórficas ubicadas al final del filamento se observan solo en un extremo del filamento en el medio ambiente (Komárek y Komárková-Legnerová, 2003).

Toxinas

- Saxitoxinas y cilindrospermopsinas (Lagos et al. 1999, Bernard et al 2003)



Representación esquemática



Romeria sp.

Koczwara in Geitler 1932

Orden: Synechococcales

Familia: Romeriaceae

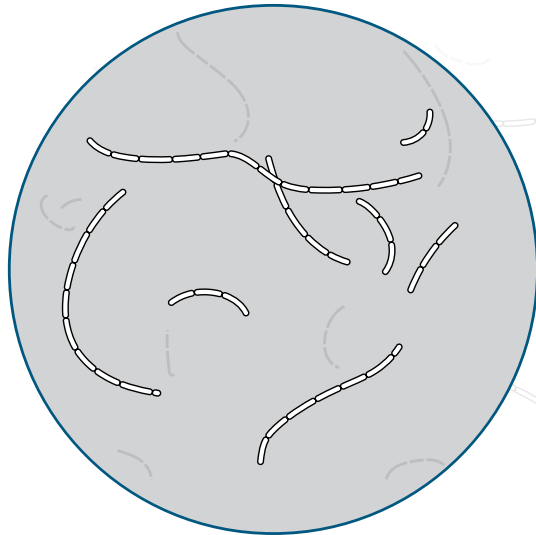


Descripción

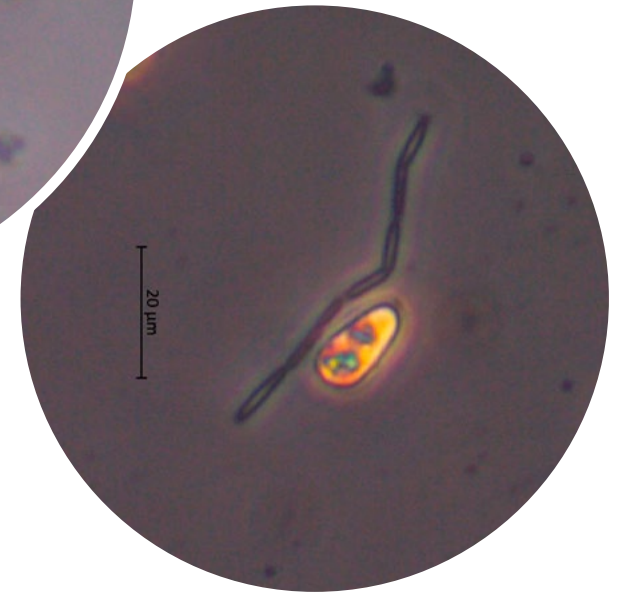
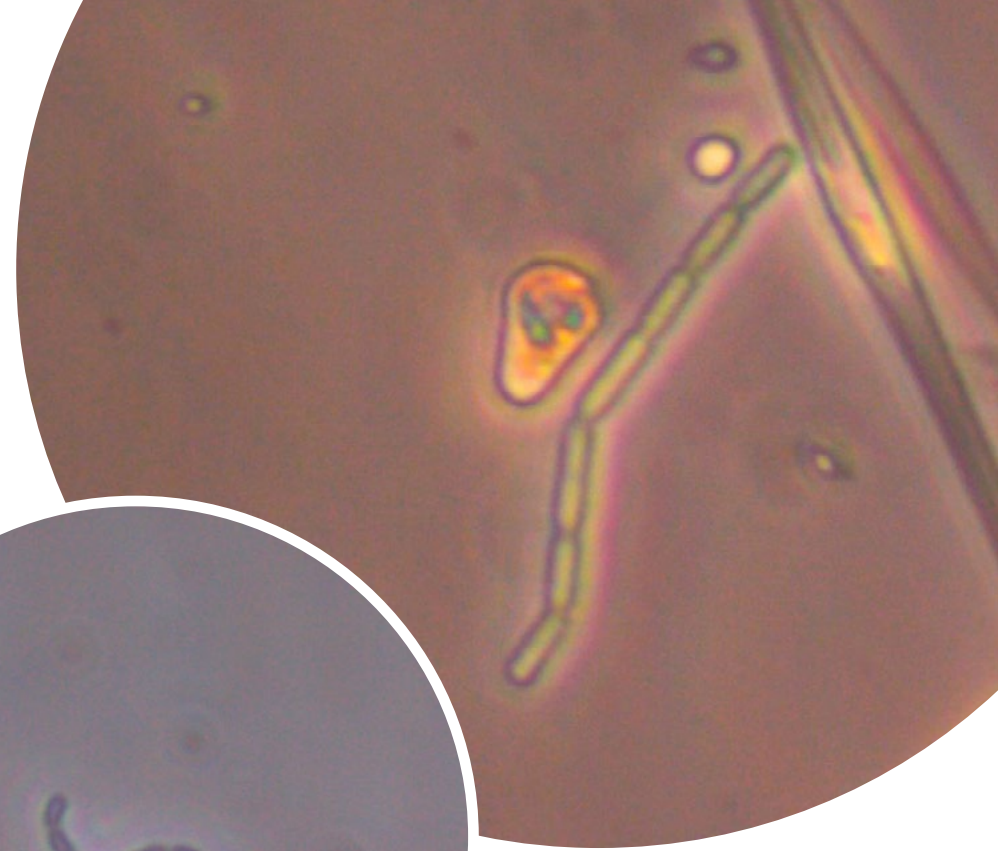
Células solitarias, filamentos cortos generalmente de 3 células, casi rectos a ligeramente arqueadas o irregularmente flexibles con células cilíndricas, contraídas en las paredes transversales; células arqueadas o ligeramente sigmoideas, redondeadas en los extremos, sin aerotopos (Komárek & Komárková 2007).

Toxinas

- No se reporta la producción de cianotoxinas para este género.



Representación esquemática

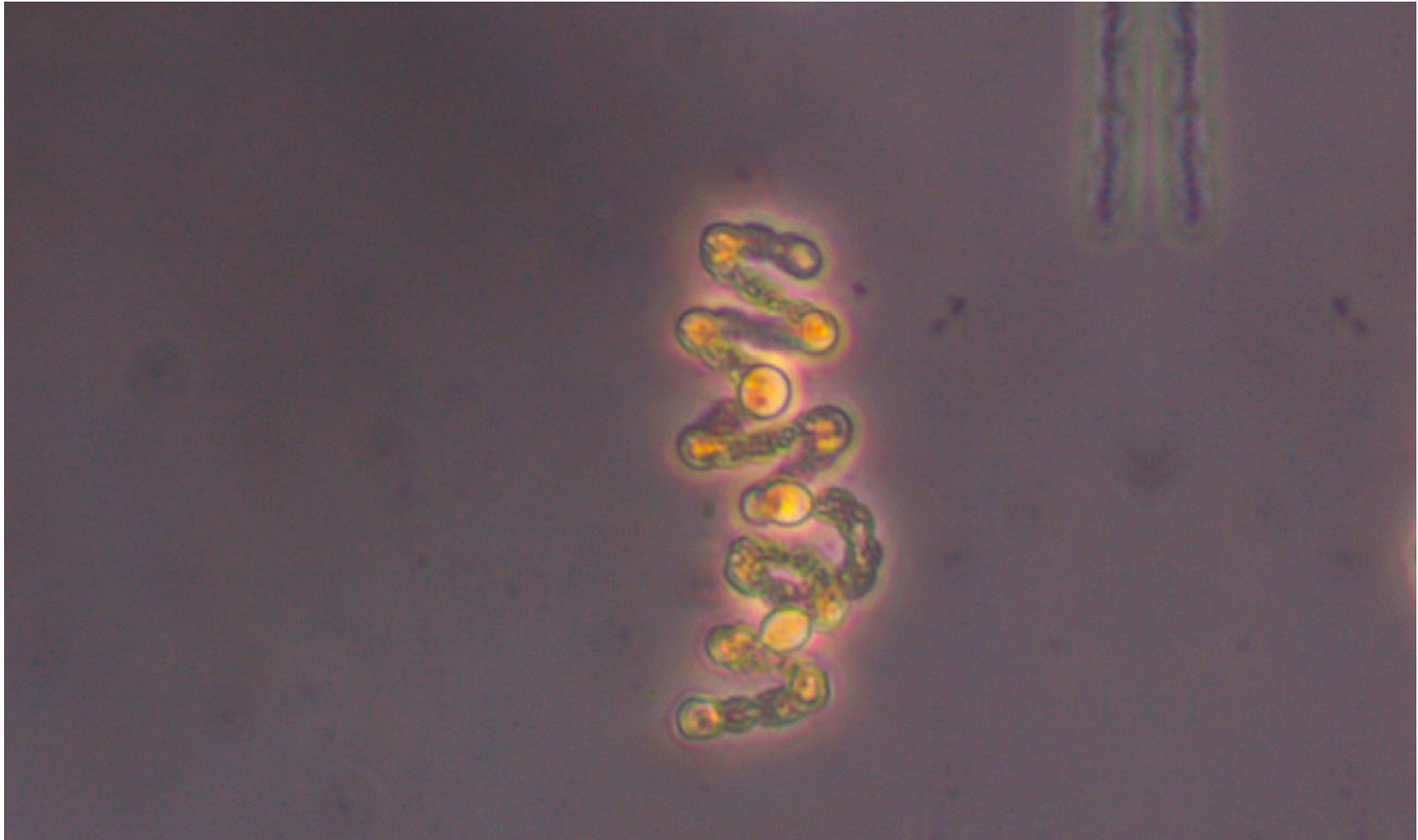


Sphaerospermopsis sp.

Zapomelová & al., 2010

Orden: Nostocales

Familia: Aphanizomenonaceae

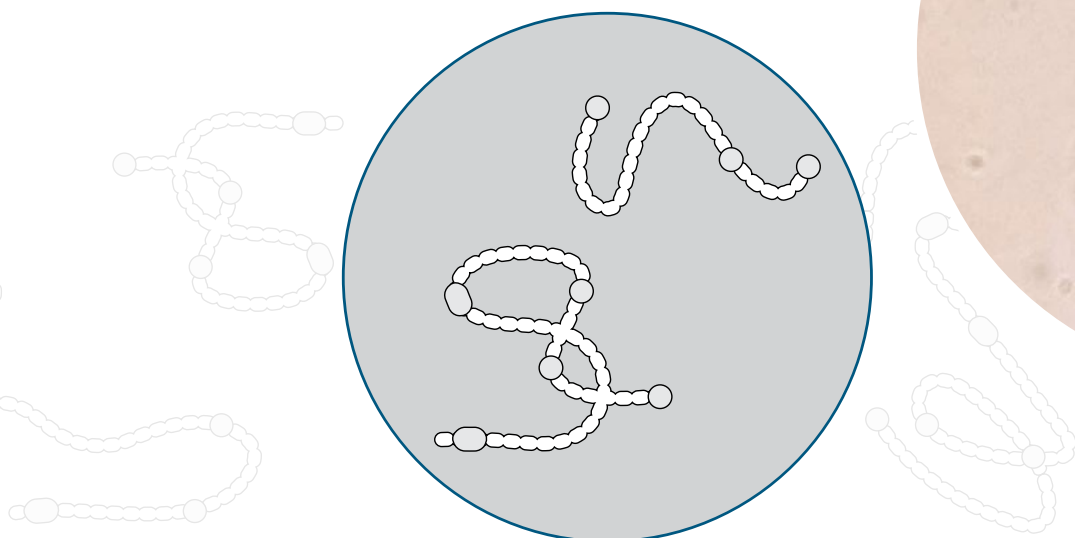


Descripción

Tricomas solitarios, flotantes, generalmente enrollados irregularmente. Células vegetativas en forma de barril a esféricas, $4.6\text{--}(5.9)\text{--}7.6\ \mu\text{m}$ de largo, $5.5\text{--}(6.5)\text{--}7.9\ \mu\text{m}$ de ancho, con vesículas de gas. Heterocitos esféricos, $5.9\text{--}(7.3)\text{--}8.7\ \mu\text{m}$ de longitud, $5.8\text{--}(7.1)\text{--}9.7\ \mu\text{m}$ de ancho. Acinetos esféricos, simples o en pares, $6.8\text{--}(8.0)\text{--}9.5\ \mu\text{m}$ de largo, $6.4\text{--}(7.8)\text{--}9.2\ \mu\text{m}$ de ancho (Li et al 2017, Li et al. 2015).

Toxinas

- Anatoxinas (Werner et al. 2012).



Representación esquemática



Bibliografía

- Adams D G, Duggan P S. 2008. Cyanobacteria–bryophyte symbioses. *Journal of Experimental Botany*. 59(5). 1047-1058.
- Adams D G, Duggan P S. 1999. Tansley Review No. 107. Heterocyst and akinete differentiation in cyanobacteria. *New Phytol*. 144: 3-33
- Aguilera A, Berrendero E, Kaštovský J, Echenique R O, Salerno G L. 2018. The polyphasic analysis of two native Raphidiopsis isolates supports the unification of the genera Raphidiopsis and Cylindrospermopsis (Nostocales, Cyanobacteria). *Phycologia*. 57 (2). 130-146.
- Andersson A, Högländer H, Karlsson C, Huseby S. 2015. Key role of phosphorus and nitrogen in regulating cyanobacterial community composition in the northern Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 164. 161-171.
- Anjos F M, Bittencourt-Oliveira M, Zajac M P, Hiller S, Christian B, Erler K, Luckas B, Pinto E. 006. Detection of harmful cyanobacteria and their toxins by both PCR amplification and LC-MS during a bloom event. *Toxicon*. 48(3). 239-245.
- Azevedo M T, Sant'Anna C. 2003. Sphaerocavum, a new genus of planktic Cyanobacteria from continental water bodies in Brazil. *Algalogical Studies*. 109. 79-92.
- Badger M R, Price G D, Long B M, Woodger F L. 2006. The environmental plasticity and ecological genomics of the cyanobacterial CO₂ concentrating mechanism. *Journal of Experimental Botany*. 57(2). 249-265.
- Bagchi S. N, Singh P. 2019. Importance of Cyanobacterial Taxonomy in Biotechnological Applications. *Microbial Diversity in Ecosystem Sustainability and Biotechnological Applications*. 387-414.
- Ballot A, Krienitz L, Kotut K, Wiegand C, Metcalf J, Codd G A, Pflugmacher S. 2004. Cyanobacteria and cyanobacterial toxins in three alkaline Rift Valley lakes of Kenya—Lakes Bogoria, Nakuru and Elmenteita. *Journal of Plankton Research*. 26(8). 925-935.
- Barberousse H, Tell G, Yéprémian C, Counté A. 2006. Diversity of algae and cyanobacteria growing on building façades in France. *Algalogical Studies*. 120(1). 81-105.
- Baboza G, Goralach-Lira K, Sassi C, Sassi R. 2017. Microcystins production and antibacterial activity of cyanobacterial strains of Synechocystis, Synechococcus and Romeria from water and coral reef organisms (Brazil). *Revista de Biología Tropical*. 65(3). 890-899.
- Barsanti L, Gualtieri P. 2006. *Algae. Anatomy, Biochemistry and Biotechnology*. Taylor & Francis Group.
- Bláha L; Babica P; Maršálek B. 2009. Toxins produced in cyanobacterial water blooms – toxicity and risks. *Interdisc Toxicol*. 2(2). 36-41.
- Boopathi T, Ki J S. 2014. Impact of Environmental Factors on the Regulation of Cyanotoxin Production. *Toxins*. 6 (7). 1951-1978
- Bouaicha N, Miles C O, Beach D G, Labidi Z, Djabri A, Benayache N, Nguyen-Quang T. 2019. Structural Diversity, Characterization and Toxicology of Microcystins. *Toxins*. 11(12). 714.
- Brêda F, Militão F P, Freitas de Alvarenga B, Miranda P F, de Oliveira V, Cordeiro M K, Chia M A. 2019. Clethodim (herbicide) alters the growth and toxins content of Microcystis aeruginosa and Raphidiopsis raciborskii. *Chemosphere*. 243. 125318.
- Cabala J, Rahmonov O. 2004. Cyanophyta and algae as an important component of biological crust from the Pustynia Błędowska Desert (Poland). *Polish Botanical Journal*. 49(1). 93-100.
- Campos V, Muñoz D, Straube M, Lisperguer S, Weckesser J. 2007. Péptidos tóxicos y no tóxicos de cianobacterias en cuerpos de agua dulce de la V región, Chile. *Boletín Micológico*. 22. 95-10.
- Casamatta D A; Johansen J R; Vis M L; Broadwater S T. 2005. Molecular and morphological characterization of ten polar and Near-Polar strains within the oscillatoriales (cyanobacteria). *J. Phycol*. 41. 421-438.
- Catherine Q; Susanna W; Isidora E; Mark H; Aurélie V; Jean- Francois H. 2013. A review of current knowledge on toxic benthic freshwater cyanobacteria – Ecology, toxin production and risk management. *Water Research*. 1-16.
- Chatchawan T, Komárek J, Struncý O, Šmarda J, Peerapornpisal Y. 2012. Oxynema, a New Genus Separated from the Genus Phormidium (Cyanophyta). *Cryptogamie, Algologie*. 33 (1). 41-59.
- Chia M A, Jankowiak J G, Kramer B J, Goleski J A, Huang I-S, Zimba P V, Bittencourt-Oliveira M, Gobler C J. 2018. Succession and toxicity of Microcystis and Anabaena (Dolichospermum) blooms are controlled by nutrient-dependent allelopathic interactions. *Harmful Algae*. 74. 67-77.

- Choi H J, Joo J H, Kim J H, Wang P, Ki J S, Ki J S, Han M S. 2018. Morphological characterization and molecular phylogenetic analysis of *Dolichospermum hangangense* (Nostocales, Cyanobacteria) sp. nov. from Han River, Korea. *Algae*. 33(2). 143-156.
- Comte K, Šabacká M, Carré A, Elster J, Komárek J. 2007. Relationships between the Arctic and the Antarctic cyanobacteria; three *Phormidium*-like strains evaluated by a polyphasic approach. *FEMS Microbiology Ecology*. 59(2). 366-376.
- Cronberg G, Annadotter H. 2006. Manual on aquatic cyanobacteria. A photo guide and a synopsis of their toxicology. Intergovernmental Oceanographic Commission, UNESCO; Copenhagen: International Society for the Study of Harmful Algae. Paris, France.
- Da Silva Malone C F, Alvarenga D O, Fiore M F, Sant'Anna C L. 2014. Towards a phylogenetic position for the morphologically-defined genus *Pannus* (Cyanobacteria). *Nova Hedwigia*. 99(3). 511-524.
- Deacon C, Walsby A E. 1990. Gas vesicle formation in the dark, and in light of different irradiances, by the cyanobacterium *Microcystis* sp. *Phycological Journal*. 25(2). 133-139.
- Delazari A, Sant'Anna C L, Cabral. 2007. Phytoplankton from Duas Bocas Reservoir, Espírito Santo State, Brazil (except diatoms). *Hoehnea*. 34(2). 211-229.
- Dolman A. M, Rücker J, Pick F. R, Fastner J, Rohrlack T, Mischke U, Wiedner C. 2012. Cyanobacteria and Cyanotoxins: The Influence of Nitrogen versus Phosphorus. *Phosphorus*. *PLoS ONE* 7(6): e38757
- Dreher T W; Collart L P; Mueller R S; Halsey K H; Bildfell R; Schreder P; Sobhakumari A; Ferry R. 2019. *Anabaena/Dolichospermum* as the source of lethal microcystin levels responsible for a large cattle toxicosis event. *Toxicon*. X. 1. 100003.
- Du X, Liu H, Yuan L, Wang Y, Ma Y, Wang R, Chen X, Losiewicz M D, Guo H, Zhang H. 2019. The Diversity of Cyanobacterial Toxins on Structural Characterization, Distribution and Identification: A Systematic Review. *Toxins*. 11(9). 1-34
- Dwivedi V K, Tandon R, Tiwari G L. 2010. Polymorphic stages of the fresh water blue-green alga, *Gomphosphaeria aponina*. *Algae*. 25(3). 115-120.
- Falcón L. I, Magallón S, Castillo A. 2010. Dating the cyanobacterial ancestor of the chloroplast. *The ISME Journal*. 4: 777-783
- Felisberto S A, da Silva D B. 2014. Characteristics and Diversity of Cyanobacteria in Periphyton from Lentic Tropical Ecosystem, Brazil. 4. 1076-1087
- Ferreira F M B; Soler J M F; Hidalgo M L; Fernández-Vila P. 2001. PSP toxins from *Aphanizomenon flos-aquae* (cyanobacteria) collected in the Crestuma-Lever reservoir (Douro river, northern Portugal). *Toxicon*. 39. 757-761.
- Flores E, Herrero A. (2014). *The Cell Biology of Cyanobacteria*. Caister Academic Press. Spaing.
- Fogg G. E, Stewart W. D. P, Fay P, Walsby. 1973. *The Blue-green Algae*. Academic Press (London) LTD.
- Furtado A, Calijuri M, Lorenzi A S, Honada R Y, Genuário D B, Fiore M F. 2009. Morphological and molecular characterization of cyanobacteria from a Brazilian facultative wastewater stabilization pond and evaluation of microcystin production. *Hydrobiologia*. 627(1). 195-209.
- Gantar M, Sekar R, Richardson L. 2009. Cyanotoxins from Black Band Disease of Corals and from Other Coral Reef Environments. *Microbial Ecology*. 58(4). 856-864.
- Gkelis S, Fernández P, Zaoutos N. 2015. Isolation and preliminary characterization of cyanobacteria strains from freshwaters of Greece. *Open Life Sci*. 10. 52-60.
- Gkelis S, Panou M, Konstantinou D, Apostilidis P, Kasampali A, Papadimitriou S, Kati D, Di Lorenzo G, Ioakeim S, Zervou S, Christophoridis C, Triantis T, Kaloudis T, Hiskia A, Arsenakis M. 2019. Diversity, Cyanotoxin Production, and Bioactivities of Cyanobacteria Isolated from Freshwaters of Greece. *Toxins*. 11(8). 436.
- Głowacka J, Szeffel-Markowska M, Waleron M, Łojkowska E, Waleron K. 2011. Detection and identification of potentially toxic cyanobacteria in Polish water bodies. *The Journal of the Polish Biochemical Society and of the Polish Academy of Sciences*. 58(3). 321-333.
- Gu Y, Gao X, Jiang Y, Peng X, Li R. 2018. Molecular characterization and toxin quantification of *Microcystis panniformis*: A microcystin producer in Lake Taihu, China. *Journal of Environmental Sciences*. 76. 359-367.
- Gupta R. S & Mathews D. W. 2010. Signature proteins for the major clades of Cyanobacteria. *BMC Evolutionary Biology* 2010, 10:24
- Hašler P, Dvořák P, Pouličková A. 2014. *Johanseninema*, a corrected name for a recently described genus of filamentous epipellic cyanobacteria. *Preslia*. 86. 293-294.
- Hašler P; Pouličková A. 2010. Diversity, taxonomy and autecology of autochthonous epipellic cyanobacteria of the genus *Komvophoron* (Borziaceae, Oscillatoriales): a study on populations from the Czech Republic and British Isles. *Biologia*. 65(1). 7-16.
- Hoek C; Van den H C; Mann D; Jahns H M; Jahns M. *Algae: An Introduction to Phycology*. Cambridge University Press.
- Hoffmann L, Komárek J, Kaštovský J. 2005. System of cyanoprokaryotes (cyanobacteria) state in 2004. *Algological Studies*. 117. 95-115.

- Hong K W, Jo S W, Kim O H, Jeong M R, Kim H, Park K M, Lee K I, Yoon H S. 2016. Characterization of a Korean Domestic Cyanobacterium *Limnothrix* sp. KNUA012 for Biofuel Feedstock. *Journal of Life Science*. 26 (4). 460-467.
- Jakubowska N, Szeląg-Wasielewska E. 2015. Toxic Picoplanktonic Cyanobacteria-Review. *Marine drugs*. 13(3). 1497-1518.
- James K J; Sherlock I R; Stack M A. 1996. Anatoxin-a in Irish freshwater and cyanobacteria, determined using a new fluorimetric liquid chromatographic method. *Toxicon*. 35(6). 963-971.
- Joosten A M T. 2006. Flora of the Bluegreen Algae of the Netherlands. The Non-Filamentous Species of Inland Waters. Utrecht, The Netherlands. KNNV Publishing.
- Kaebernick M, Neilan B A. 2001. Ecological and molecular investigations of cyanotoxin production. *Microbiology Ecology*. 35(1). 1-9.
- Katarzyna A. P, Waldemar S. (2014). Taxonomy of cyanobacteria: a contribution to consensus approach. *Hydrobiologia*. 140, 1-11.
- Khan Z, Wan Omar W, Merican F M, Azizan A, Foong C P, Convery P, Najimudin N, Smykla J, Alias S A. 2017. Identification and phenotypic plasticity of *Pseudanabaena catenata* from the Svalbard archipelago. *Polish Polar Research*. 38 (4). 445-458.
- Khondker M, Bhuiyan R A, Yeasmin J, Alam M, Sack R B, Huq A, Colwell R. 2006. New records of phytoplankton for Bangladesh. 1. Cyanophyceae. *Bangladesh J. Bot.* 35(2). 173-179.
- Komárek J. 2009. Modern taxonomic revision of planktic nostocacean cyanobacteria: a short review of genera. *Hydrobiologia*. 639. 231-243.
- Komárek J. 2001. Review of the cyanoprokaryotic genus *Romeria*. *Czech Phycology, Olomouc*. 1(1). 5-19.
- Komárek J, Anagnostidis K. 2005. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota: 2. Teil/2nd Part: Oscillatoriales. Vol. 19. München: Elsevier Spektrum Akademischer Verlag.
- Komárek J, Hindák F; Jezberová. 2016. Review of the cyanobacterial genus *Eucapsis*. *Nova Hedwigia*. 103. 441-456
- Komárek J, Kaštovský J, Jezberová J. 2011. Phylogenetic and taxonomic delimitation of the cyanobacterial genus *Aphanothece* and description of *Anathece* gen. nov. *Eur. J. Phycol.* 46(3). 315-326.
- Komárek J, Kaštovský J, Mareš J, Johansen J. R. (2014). Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia* 86. 295–335.
- Komárek J, Komárková J. 2007. Several rare freshwater planktic Cyanobacteria (Cyanoprokaryotes) from reservoirs in South America. *Hoehnea*. 34(1). 49-58.
- Komárek J, Momárková J. 2006. Diversity of Aphanizomenon-like cyanobacteria. *Czech Phycology, Olomouc*. 6. 1-32.
- Komárek J, Momárková J. 2004. Taxonomic review of the cyanoprokaryotic genera *Planktothrix* and *Planktothricoides*. *Czech Phycology, Olomouc*. 4(1). 1-18.
- Komárek J; Komárková J. 2002. Review of the European Microcysts-morphospecies (Cyanoprokaryotes) from nature. *Czech Phycology*. 2. 1-24.
- Komárek J, Zapomělová E. 2007. Planktic morphospecies of the cyanobacterial genus *Anabaena* = subg. *Dolichospermum* - 1. part: coiled types. *Fottea, Olomouc*. 7(1). 1-31.
- Korelusová J, Kaštovský J, Komárek J. 2003. Heterogeneity of the cyanobacterial genus *Synechocystis* and description of a new genus, *geminocystis*. *J. Phycol.* 45. 928-937.
- Kozlov A. M, Zhang J, Yılmaz P, Glockner F. O, Stamatakis A. 2016. Phylogeny-aware identification and correction of taxonomically mislabeled sequences. *Nucleic Acids Research*. 44(11). 5022–5033
- Krings M, Hass H, Kerp H, Taylor T. N, Agerer R, Dotzler N. 2009. Endophytic cyanobacteria in a 400-million-yr-old land plant: A scenario for the origin of a symbiosis? Review of Palaeobotany and Palynology 153 (2009) 62–69
- Krstić S, Aleksovski B, Komárek J. 2017. Rare occurrence of nine *Microcystis* species (Chroococcales, Cyanobacteria) in a single lake (Lake Dojran, FYR Macedonia). *Advances in Oceanography and Limnology*. 8(1). 4-21.
- Leão P N, Engene N, Antunes A, Gerwick W H, Vasconcelos V. 2012. The chemical ecology of cyanobacteria. *Nat Prod Rep*. 29(3). 372-391.
- Lee J. A; Choi A. R; Watanabe M. 1997. Taxonomic Implications of the Genus *Microcystis* (Cyanophyceae). *Algae (The Korean Journal of Phycology)*. 12(3). 167-176.
- Legradi J B, Di Paolo C, Kraak M, van der Geest H G, Schymanski E L, Williams A J, ... Hollert H. 2018. An ecotoxicological view on neurotoxicity assessment. *Environmental Sciences Europe*. 30(1). 46.
- Lemes N M, Zanini L H, Necchi O. 2012. Corticolous cyanobacteria from tropical forest remnants in northwestern São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*. 35(2). 169-179.
- Leppard G. 1995. The characterization of algal and microbial mucilages and their aggregates in aquatic ecosystems. *The Science of the Total Environment*. 165. 103-131.

- Li H, Murphy T, Guo J, Nalewajko C. 2009. Iron-stimulated growth and microcystin production of *Microcystis novacekii* UAM 250. *Limnologia*. 39. 255-259.
- Li R, Watanabe M, Watanabe MM. 2000. Taxonomic studies of planktic species of *Anabaena* based on morphological characteristics in cultured strains. *Hydrobiologia*. 438. 117-138.
- Liao J, Zhao L, Cao X, Sun J, Gao Z, Wang J, Jiang D, Fan H, Huang Y. 2016. Cyanobacteria in lakes on Yungui Plateau, China are assembled via niche processes driven by water physicochemical property, lake morphology and watershed land-use. *Scientific Reports*. 6(1). 36357.
- Lima A R, Siquira A S, Vasconcelos J M, Pereira J S, Azevedo J S N, de Lima C P S, Vianez-Júnior J L S G, Nunes M R T, Xavier L P, Dall'Agnol L T, Goncalves E C. 2018. Insights Into *Limnothrix* sp. Metabolism Based on Comparative Genomics. *Frontiers in Microbiology*. 9. 1-16.
- Litvaitis M.K. (2002). A molecular test of cyanobacterial phylogeny: inferences from constraint analyses. *Hydrobiologia*. 468. 135-145.
- Loftin K A, Graham J L, Hilborn E D, Lehmann S C, Meyer M T, Dietze J E, Griffith C B. 2016. Cyanotoxins in inland lakes of the United States: Occurrence and potential recreational health risks in the EPA National Lakes Assessment 2007. *Harmful Algae*. 56. 77-90.
- Lukešová A, Johansen J, Martin M P, Casamatta D A. 2009. *Aulosira bohemensis* sp. Nov.: further phylogenetic uncertainty at the base of the Nostocales (Cyanobacteria). *Phycologia*. 48(2). 118-129.
- Lyon-Colbert A; Su S; Cude C. 2018. A Systematic Literature Review for Evidence of *Aphanizomenon flos-aquae* Toxicogenicity in Recreational Waters and Toxicity of Dietary Supplements: 2000-2017. *Toxins*. 10(7). 1-18.
- Lyons T. W, Reinhard C. T, Planavsky N. J. 2014. The rise of oxygen in Earth's early ocean and atmosphere. *Nature*. 506(7488). 307-315.
- Mariani M A, Padedda B M, Kaštovský J, Buscarinu P, Sechi N, Viridis T, Lugliè A. 2015. Effects of trophic status on microcystin production and the dominance of cyanobacteria in the phytoplankton assemblage of Mediterranean reservoirs. *Scientific Reports*. 5(1). 1-16.
- Mareš J, Johansen J R, Hauer T, Zima J, Ventura S, Cuzman O, Tiribilli B, Kaštovský J. 2019. Taxonomic resolution of the genus *Cyanothece* (Chroococcales, Cyanobacteria), with a treatment on *Gloeotheca* and three new genera, *Crocospaera*, *Rippkaea*, and *Zehria*. *Journal of Phycology*. 55(3). 578-618.
- Mareš J, Kaštovský J, McGregor G, Komárek J. 2008. The little known pseudofilamentous cyanobacterium *Wolskyella* (Synecococcales). *Nova Hedwigia*. 87 (1). 221-230.
- Martins M D, Zanini L H, Werner V R. 2012. Cyanobacteria from coastal lagoons of Southern Brazil: coccoid organisms. *Brazilian Journal of Botany* 35(1). 31-48.
- McGregor G B. 2013. Freshwater Cyanobacteria of North-Eastern Australia: 2. Chroococcales. *Phytotaxa*. 133(1). 1-130.
- McGregor G B, Fabbro L D, Lobegeiger. 2007. Freshwater planktic Chroococcales (Cyanoprokaryota) from North-Eastern Australia: a morphological evaluation. *Nova Hedwigia*. 84. 299-331.
- McGregor G B, Sendall B C, Hunt L T, Eaglesham G K. 2011. Report of the cyanotoxins cylindrospermopsin and deoxy-cylindrospermopsin from *Raphidiopsis mediterranea* Skuja (Cyanobacteria/Nostocales). *Harmful Algae*. 10(4). 402-410.
- Mogany T; Swalaha F. M; Allam M; Mtshali P. S; Ismail A; Kumari S; Bux F. 2018. Phenotypic and genotypic characterisation of an unique indigenous hypersaline unicellular cyanobacterium, *Euhalothece* sp. nov. *Microbiological Research*. 211. 47-56.
- Mohamed Z A. 2016. Harmful cyanobacteria and their cyanotoxins in Egyptian fresh waters – state of knowledge and research needs. *African Journal of Aquatic Science*. 41(4). 1–8
- Moosová Z, Šindlerová L, Ambrůzová B, Ambrožová G, Vašíček O, Velki M, Babica P, Kubala L. 2019. Lipopolysaccharides from *Microcystis* Cyanobacteria-Dominated Water Bloom and from Laboratory Cultures Trigger Human Immune Innate Response. *Toxins*. 11(9). 1-16.
- Muciño R E, Figueroa M G, Aguirre A. Cianofitas de los sistemas fluvio-lagunares POM-ATASTA y Palizada del Este, adyacentes a la Laguna de Términos, Campeche, México. *Polibotánica*. 39. 49-78.
- Myers J L, Sekar R, Richardson L. 2007. Molecular Detection and Ecological Significance of the Cyanobacterial Genera *Geitlerinema* and *Leptolyngbya* in Black Band Disease of Corals. *Applied and Environmental Microbiology*. 73(16). 5173-5182.
- Namikoshi M, Murakami T, Watanabe M F, Oda T, Yamada J, Tsujimura S, Nagai H, Oishi S. 2003. Simultaneous production of homoanatoxin-a, anatoxin-a, and a new non-toxic 4-hydroxyhomoanatoxin-a by the cyanobacterium *Raphidiopsis mediterranea* Skuja. *Toxicon*. 42(5). 533.538.
- Nguyen L T, Cronberg G, Larsen J, Moestrup Ø. 2007. Planktic cyanobacteria from freshwater localities in Thuathien-Hue province, Vietnam. I. Morphology and distribution. *Nova Hedwigia*. 85(1). 1-34.
- Nguyen L T, Cronberg G, Annadotter H, Larsen J. 2007. Planktic cyanobacteria from freshwater localities in ThuaThien-Hue province, Vietnam. II. Algal biomass and microcystin production. *Nova Hedwigia*. 85(1). 35-49.

- Nguyen L T, Moestrup Ø, Daugbjerg N. 2014. Planktic cyanobacteria from freshwater localities in Thuathien-Hue province, Vietnam. III. Phylogenetic inference based on partial phycocyanin sequences, morphological and toxicological characters. *Algological Studies*. 144. 19-43.
- Nogueira I, Gama W A, Bezerra E. 2011. Cianobactérias planctônicas de um lago artificial urbano na cidade de Goiânia, GO. *Revista Brasil. Bot.* 34(4). 575-592.
- Ortega M, Hernández R, Vázquez O, Alvarado R, Martínez M. 2015. La ficóloga de un algo monomítico en Michoacán, México. *Cymbella*. 1(2). 26-48.
- Oudra B, Loudiki M, Vasconcelos V, Sabour B, Sbiyyaa B, Oufdou K, Mezrioui N. 2002. Detection and Quantification of Microcystins from Cyanobacteria Strains Isolated from Reservoirs and Ponds in Morocco. *Environmental Toxicology*. 17(1). 32-39.
- Palinska K A; Liesack W; Rhiel E; Krumbein W E. 1996. Phenotype variability of identical genotypes: the need for a combined approach in cyanobacterial taxonomy demonstrated on Merismopedia-like isolates. *Arch Microbiol* 166. 224-233.
- Papazi A, Kastanaki E, Pirintzos S, Kotzabasis K. 2015. Lichen Symbiosis: Nature's High Yielding Machines for Induced Hydrogen Production. *PLoS ONE*. 10(3). e0121325.
- Park Jong-Geun. 2012. Algal Flora of Korea. Volumen 5, Number 1. Cyanophyceae: Chroococcales, Oscillatoriales. *Freshwater Cyanoprokaryota I. National Institute of Biological Resources*.
- Park Jong-Geun. 2012. Algal Flora of Korea. Volumen 5, Number 2. Cyanophyta: Cyanophyceae: Chroococcales, Oscillatoriales *Freshwater Cyanoprokaryota II. National Institute of Biological Resources*.
- Pearson L; Mihali T; Moffitt M; Kellmann R; Neilan B. 2010. On the Chemistry, Toxicology and Genetics of the Cyanobacterial Toxins, Microcystin, Nodularin, Saxitoxin and Cylindrospermopsin. *Marine Drugs*. 8. 1650-1680.
- Pereyra J P, D'Agostino P M, Mazmouz R, Woodhouse J N, Pickford R, Jameson I, Neilan B N. 2017. Molecular and morphological survey of saxitoxin-producing cyanobacterium *Dolichospermum circinale* (*Anabaena circinalis*) isolated from geographically distinct regions of Australia. *Toxicon*. 138. 68-77.
- Perkerson R B, Perkerson E A, Casamatta D A. 2010. Phylogenetic examination of the cyanobacterial genera *Geitlerinema* and *Limnothrix* (*Pseudanabaenaceae*) using 16S rDNA gene sequence data. *Algological Studies*. 134. 1-16.
- Pineda R, Martínez F, Garduño G, Olvera R. 2011. Caracterización morfológica y molecular de cianobacterias filamentosas aisladas de florecimientos de tres lagos urbanos eutróficos de la Ciudad de México. *Polibotánica*. 31. 31-50.
- Pineda R M, Olvera R, Martínez F. 2012. Microcystins produced by filamentous cyanobacteria in urban lakes. A case study in Mexico City. *Hidrobiológica*. 22(3). 290-298.
- Pisciotta J. M, Zou Y, Baskakov I. V. 2010. Light-Dependent Electrogenic Activity of Cyanobacteria. *PLoS ONE* 5(5): e10821.
- Rai A. N, Bergman B, Rasmussen U. 2002. *Cyanobacteria in Symbiosis*. Kluwer Academic Publishers. United States of America.
- Rai S K, Misra P K. 2010. Freshwater cyanophyceae from East Nepal. *Bangladesh J. Plant Taxon*. 17(2). 121-139.
- Rosini E F, Sant'Anna C L, Tucci A. 2013. Cyanobacteria de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo, Brasil. *Rodriguésia*. 64(1). 399-417.
- Rout N P, Khandual S, Gutierrez-Mora A, Ibarra-Montoya J L, Vega-Valero. 2015. Divergence in three newly identified *Arthrospira* species from Mexico. *World J Microbiol Biotechnol*. 31. 1157-1165.
- Ryu H S; Shin R Y; Lee J H. 2017. Morphology and taxonomy of the *Aphanizomenon* spp. (Cyanophyceae) and related species in the Nakdong River, South Korea. *Journal of Ecology and Environment*. 41(6). 1-9.
- Rzyski P, Poniedzialek B. 2012. Dermatotoxins synthesized by blue-green algae (Cyanobacteria). *Post Dermatol Alergol*. 29. 47-50.
- Sacilatto A M, Fonseca L D, Pacheco L A, Yunes J S. 2016. Toxic *Trichodesmium* bloom occurrence in the southwestern South Atlantic Ocean. *Toxicon*. 110. 51-55.
- Sahoo D, Seckbach J. 2015. *The Algae World. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology*. Vol. 26. Springer Science+Business Media Dordrecht.
- Sanchis D, Carrasco D, Quesada A. 2004. The genus *Microcystis* (Microcystaceae/ Cyanobacteria) from a Spanish reservoir: A contribution to the definition of morphological variations. *Nova Hedwigia*. 79(3). 479-495.
- Sant'Anna C L, Gama W A, Silva T G, Viera A. A. H. 2018. A new species of *Trichodesmium* (Cyanobacteria) from freshwaters, Brazil. *Rodriguésia*. 69(4). 2019-2024.
- Sant'Anna C L, Melcher S. S, Carmo M, Gemelgo M P, Azevedo M T. 2007. Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs, SP, Brazil. *Revista Brasil. Bot.* 30(1). 1-17.
- Sant'Anna C L; Azevedo M T; Senna P A; Momárek J; Momárková J. 2005. Planktic Cyanobacteria from São Paulo State, Brazil: Chroococcales. *Revista Brasil. Bot.* 27(2). 213-227.
- Sant'Anna C L, Azevedo M T, Werner V R, Dogo C R, Rios F R, Carvalho L R. 2008. Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. *Algological Studies*. 126. 251-265.

- Santo K R, Sant'anna C L. 2010. Cianobactérias de diferentes tipos de lagoas ("salina", "salitrada" e "baía") representativas do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil. *Revista Brasil. Bot.* 33(1). 61-83.
- Sanz M, Dörr F A, Pinto E. 2015. Primer informe de la producción de spumigina por la tóxica *Sphaerospermopsis torques-reginae* cyanobacterium. *Toxicon.* 108. 1518.
- Sarma T. A. (2013). *Handbook of Cyanobacteria*. United State of America. Taylor & Francis Group, LLC.
- Sharma N, Rai A, Stal L. 2014. *Cyanobacteria: An Economic Perspective*. John Wiley & Sons, Ltd. Southern Gate, Chichester.
- Shiels K, Browne N, Donovan F, Murray P, Saha S K. 2019. Molecular Characterization of Twenty-Five Marine Cyanobacteria Isolated from Coastal Regions of Ireland. *Biology (Basel).* 8(3). 59.
- Schirrmeyer B. E, Antonelli A, Bagheri. 2011. The origin of multicellularity in cyanobacteria. *BMC Evolutionary Biology.* 11: 45
- Silva-Stenico M E, Kaneno R, Zambuzi F A, Vaz M, Alvarenga D O, Fiore M F. 2013. Natural Products from Cyanobacteria with Antimicrobial and Antitumor Activity. *Current Pharmaceutical Biotechnology.* 14. 820-828.
- Speziale B J, Dyck L A. 1992. Lyngbya infestations: Comparative taxonomy of Lyngbya wollei comb. (Cyanobacteria). *Journal of Phycology.* 28(5). 693-706.
- Stoyneva M P, Descy J P, Latli A, Uzunov B A, Pavlova V T, Bratanova Z, Babica P, Maršálek B, Meriluoto J, Spoo L. 2017. Assessment of cyanoprokaryote blooms and of cyanotoxins in Bulgaria in a 15-years period (2000-2015). *Advances in Oceanography and Limnology.* 8(1). 131-152.
- Strunecký O; Bohunická M; Johansen J R; Čapková K; Raabová L; Dvořák P; Komárek. 2017. A revision of the genus Geitlerinema and a description of the genus Anagnostidinema gen. nov. (Oscillatoriothycidae, Cyanobacteria). *Fottea, Olomouc.* 17(1). 114-126.
- Swanson M; Incrocci R; Subramaniam V; Williams P; Hall M L; Mayer A M S. 2017. Effects of cyanobacteria *Oscillatoria* sp. lipopolysaccharide on B cell activation and Toll-like receptor 4 signaling. *Toxicology Letters.* 275. 101-107
- Tandon R, Kesarwani S, Mishra A, Dikshit A, Tiwari G. L. 2016. Genus *Microcystis* Huetzing ex Lemmermann (Chroococcales, Cyanoprokaryota) from India. *Phykos.* 46(2). 4-13.
- Tawong W, Pongcharoen P, Nishimura T. Adachi. 2019. Molecular characterizations of Thai *Raphidiopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanobacteria) based on 16S rDNA, rbcLX, and cylindrospermopsin synthetase genes. *Plankton Benthos Res.* 14(4). 211-223.
- Teneva I, Mladenov R, Dzhambazov B. 2009. Toxic effects of extracts from *Pseudoanabaena galeata* (cyanoprokaryota) in mice and cell cultures in vitro. *Scientific researches of the Union of Scientists in Bulgaria-Plovdiv, series B. Nat Sciences and the Humanities* 7. 237-243.
- Thomson-Laing G, Puddick J, Laroche O, Fulton S, Steiner K, Heath M W, Wood S A. 2020. Broad and Fine Scale Variability in Bacterial Diversity and Cyanotoxin Quotas in Benthic Cyanobacterial Mats. *Frontiers in microbiology.* 11. 129.
- Tokodi N, Drobac D, Lazić G, Petrović T, Marinović Z, Lujčić J, Malešević T, Meriluoto J, Svirčev Z. 2018. Screening of cyanobacterial cultures originating from different environments for cyanotoxicity and cyanotoxins. *Toxicon.* 154. 1-6.
- Tonk L, Visser P M, Christiansen G, Dittmann E, Snelder E O, Wiedner C, Mur L R, Huisman J. 2005. The Microcystin Composition of the Cyanobacterium *Planktothrix agardhii* Changes toward a More Toxic Variant with Increasing Light Intensity. *Applied and Environmental Microbiology.* 71(9). 5177-5181.
- Treiber B. 1993. Cianobacterias filamentosas, terrícolas de Punta Fort William, Isla Greenwich, Shetland del Sur, Antártida. *Acta Antártica Ecuatoriana.* 3(1). 59-65.
- Turicchia S, Ventura S, Komárková J, Komárek J. 2009. Taxonomic evaluation of cyanobacterial microflora from alkaline marshes of northern Belize. 2. Diversity of oscillatorialean genera. *Nova Hedwigia.* 89. 165-200.
- Turner A D, Dhanji-Rapkova M, O'Neill A, Ciates L, Lewis A, Lewis K. 2010. Analysis of Microcystins in Cyanobacterial Blooms from Freshwater Bodies in England. *Toxins.* 10(1). 39.
- Ulcay S, Taşkın E, Kurt O, Öztürk M. 2015. Marine benthic Cyanobacteria in Northern Cyprus (Eastern Mediterranean Sea). *Turkish Journal of Botany.* 39. 173-188.
- Vagnoli L, Margheri C, Allotta G, Materassi R. 1992. Morphological and physiological properties of symbiotic cyanobacteria. *New Phytol.* 120:243-249
- Valério E, Chaves S, Tenreiro R. 2010. Diversity and Impact of Prokaryotic Toxins on Aquatic Environments: A Review. *Toxins.* 2(10). 2359-2410.
- Vieira J M, Azevedo M T, de Oliveira S M F, Honda R Y, Corrêa B. 2005. Toxic cyanobacteria and microcystin concentrations in a public water supply reservoir in the Brazilian Amazonia region. *Toxicon.* 45(7). 901-909.
- Vieira J M, Azevedo M T, de Oliveira S M F, Honda R Y, Corrêa B. 2003. Microcystin production by *Radiocystis fernandoi* (Chroococcales, Cyanobacteria) isolated from a drinking water reservoir in the city of Belém, PA, Brazilian Amazonia region. *Toxicon.* 42(7). 709-713.

Wacklin P, Hoffmann L, Komárek J. 2009. Nomenclatural validation of the genetically revised cyanobacterial genus *Dolichospermum* (Ralfs ex Bornet et Flahault) comb. nova. *Fottea*. 9(1). 59-64.

Walter J. M, Countinho F H, Dutilh B. E, Swings J, Thompson F. L, Thompson C. C. 2017. *Front. Microbiol.* 8:2132.

Wehr J D; Sheath R G; Kociolek J P. 2015. *Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification.* Elsevier Inc

Werner V R, Laughinghouse H D, Fiore M F, Sant'Anna C L, Hoff C, Santos K R, Neuhaus E B, Molica R J, Honda R Y, Echenique R O. 2012. Morphological and molecular studies of *Sphaerospermopsis torques-reginae* (Cyanobacteria, Nostocales) from South American water blooms. *Phycologia*. 51(2). 228-238.

Werner V R, Sant'anna C L. 2006. Occurrence of the rare genus *Microcrocis* P. Richter (Chroococcales, Cyanobacteria) in a coastal lagoon from southern Brazil. *Revista Brasil.* 29 (1). 183-186.

Westrick J A, Szlag D C, Southwell B J, Sinclair J. 2010. A review of cyanobacteria and cyanotoxins removal/ inactivation in drinking water treatment. *Anal Bioanal Chem.* 397(5). 1705-1714.

Whitton B. 2012. *Ecology of Cyanobacteria II. Their Diversity in Space and Time.* Springer Science+Business Media B.V. United Kingdom.

Yasuno M, Sugaya Y, Kaya K, Watanabe M. 1998. Variations in the toxicity of *Microcystis* species to *Moina macrocopa*. *Phycological Research*. 46. 31-36.

Yu G, Zhu M, Chen Y, Pan Q, Chai W, Li R. 2015. Polyphasic characterization of four species of *Pseudanabaena* (Oscillatoriales, Cyanobacteria) from China and insights into polyphyletic divergence within the *Pseudanabaena* genus. *Phytotaxa*. 192(1). 1-12.

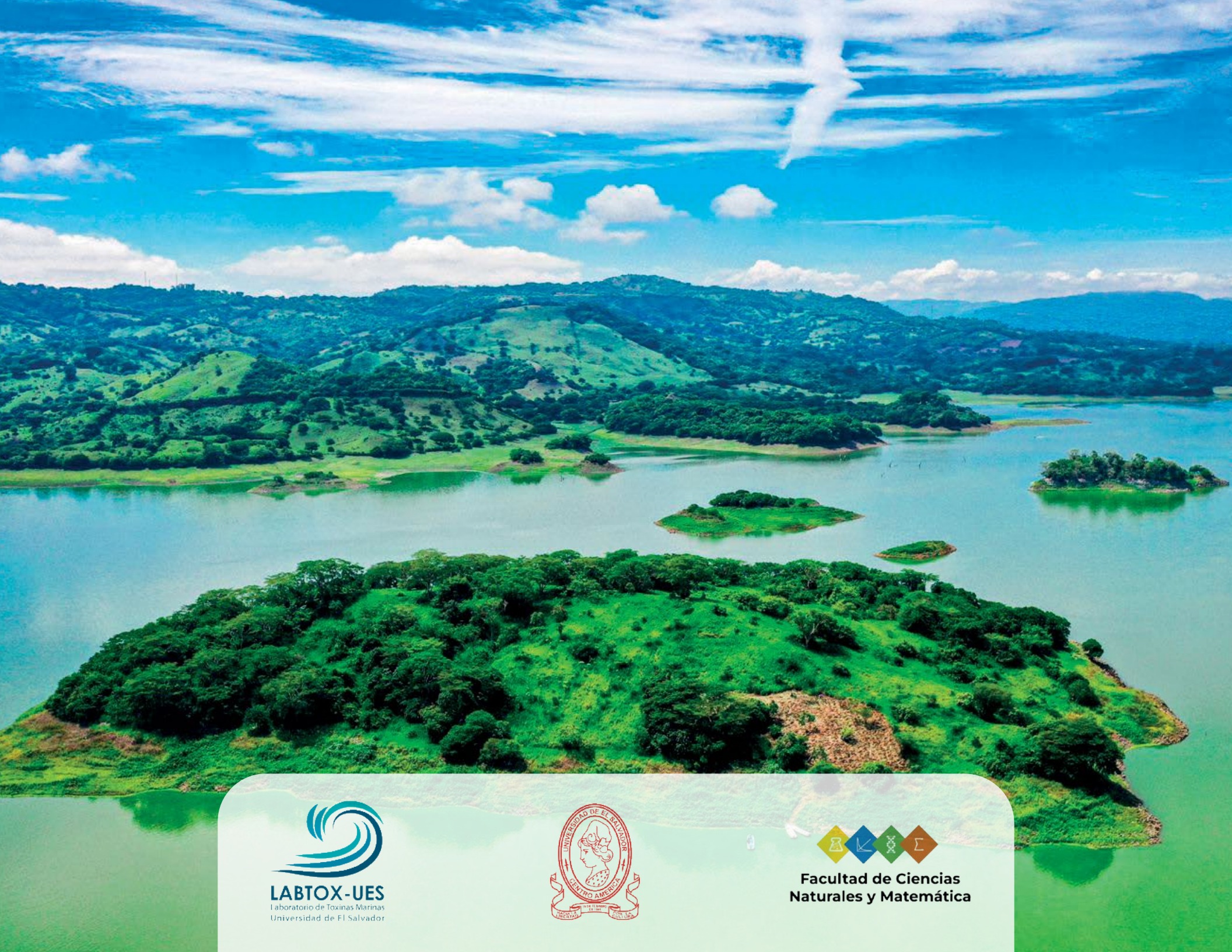
Zanini L H; Moura A, da Silva A; Bittencourt-Oliveira M. 2003. Biodiversidade e considerações biogeográficas das Cyanobacteria de uma área de Manguezal do Estado de Pernambuco, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 17(4). 585-596.

Zapomělová E, Hrouzek P, Řezanka T, Jezberová J, Řeháková K, Hisem D, Komárková K. 2011. Polyphasic characterization of *Dolichospermum* spp. and *Sphaerospermopsis* spp. (Nostocales, cyanobacteria): morphology, 16s rRNA gene sequences and fatty acid and secondary metabolite profiles. *Journal of Phycology*. 47(5). 1152-1163

Zu Y, Wu Z, Yu B, Peng X, Yu G, Wei Z, Wang G, Li R. 2016. Non-microcystin producing *Microcystis wesenbergii* (Komárek) Komárek (Cyanobacteria) representing a main waterbloom-forming species in Chinese waters. *Environmental Pollution*. 156 (1). 162-167.

Fotografías

Fuente: Unidad de Comunicaciones e Información
Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa - CEL



LABTOX-UES
Laboratorio de Toxinas Marinas
Universidad de El Salvador



**Facultad de Ciencias
Naturales y Matemática**