

La vida verde-azul del agua dulce: ¿Qué sabemos sobre la diversidad de estas algas en la península de Yucatán?

JUAN M. ARANA RAVELL¹, ROBERTO C. BARRIENTOS-MEDINA²
Y SILVIA J. LÓPEZ-ADRIÁN³

¹Herbario Alfredo Barrera Marín, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida-Xmatkuil, Km. 15.5, Apdo. Postal: 4-116, Itzimmá, 97100, Mérida, Yucatán, México.

²Departamento de Ecología, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida-Xmatkuil, Km. 15.5, Apdo. Postal: 4-116, Itzimmá, 97100, Mérida, Yucatán, México.

³Investigadora independiente. Calle 17B No. 102 entre 22A y 24, Fraccionamiento Boulevares de Chuburná, Mérida, Yucatán, México.

juan.aranaravell@gmail.com

Los cianoprocariontes o cianobacterias son un grupo de microalgas que presentan una estructura celular simple debido a la carencia de un núcleo, organelos o membranas internas. Mucho del conocimiento relativo a su diversidad en México se ha concentrado en el centro del país, estando los estados del sureste rezagados respecto a esta clase de información. En este trabajo se incluye un listado taxonómico de este grupo de organismos presentes en cuerpos de agua dulce de los tres estados que comprende la porción mexicana de la península de Yucatán, basado en un breve análisis bibliográfico. Se presenta un total de 206 especies que pertenecen a 84 géneros, 31 familias y siete órdenes.

Palabras clave: Acuífero cárstico, aguas continentales, cianobacteria, florística, microalgas.

¿Alguna vez has oído que en una pequeña gota de agua existe una gran biodiversidad? Muchos de los microorganismos que están ahí son fotosintéticos y se les conoce de forma coloquial como microalgas. Uno de los grupos más simples y pequeños que habitan allí son los cianoprocariontes (Cyanobacteria), los cuales también son conocidos como cianobacterias, algas verde-azules o cianofitas. Son bien conocidas por tener una organización celular similar a la de muchas bacterias, pero con un metabolismo muy parecido al de plantas ya que hacen fotosíntesis, lo que les dio ventaja desde sus orígenes para colonizar los diversos ambientes que hoy habitan (Komárek y Anagnostidis 2005).

Estos organismos han llamado la aten-

ción de muchos investigadores ya que tienen diversidad de formas (p. ej. en colonias o filamentosos) y estructuras especializadas (p. ej. heterocisto, que es una estructura que se encarga de fijar nitrógeno) (Figura 1A-D), lo que en un principio sirvió para clasificarlos (Novelo 2011) y realizar inventarios florísticos. Sin embargo, se dieron cuenta que estas características no permitían resolver preguntas filogenéticas (relacionadas con el parentesco), así que, con el uso de diferentes métodos morfológicos, ecológicos, ultraestructurales y moleculares, la clasificación ha ido en constante cambio (Hoffmann *et al.* 2004).

Otro aspecto que ha llamado la atención es que muchas de las especies tienen potencial para ser utilizados en bio-

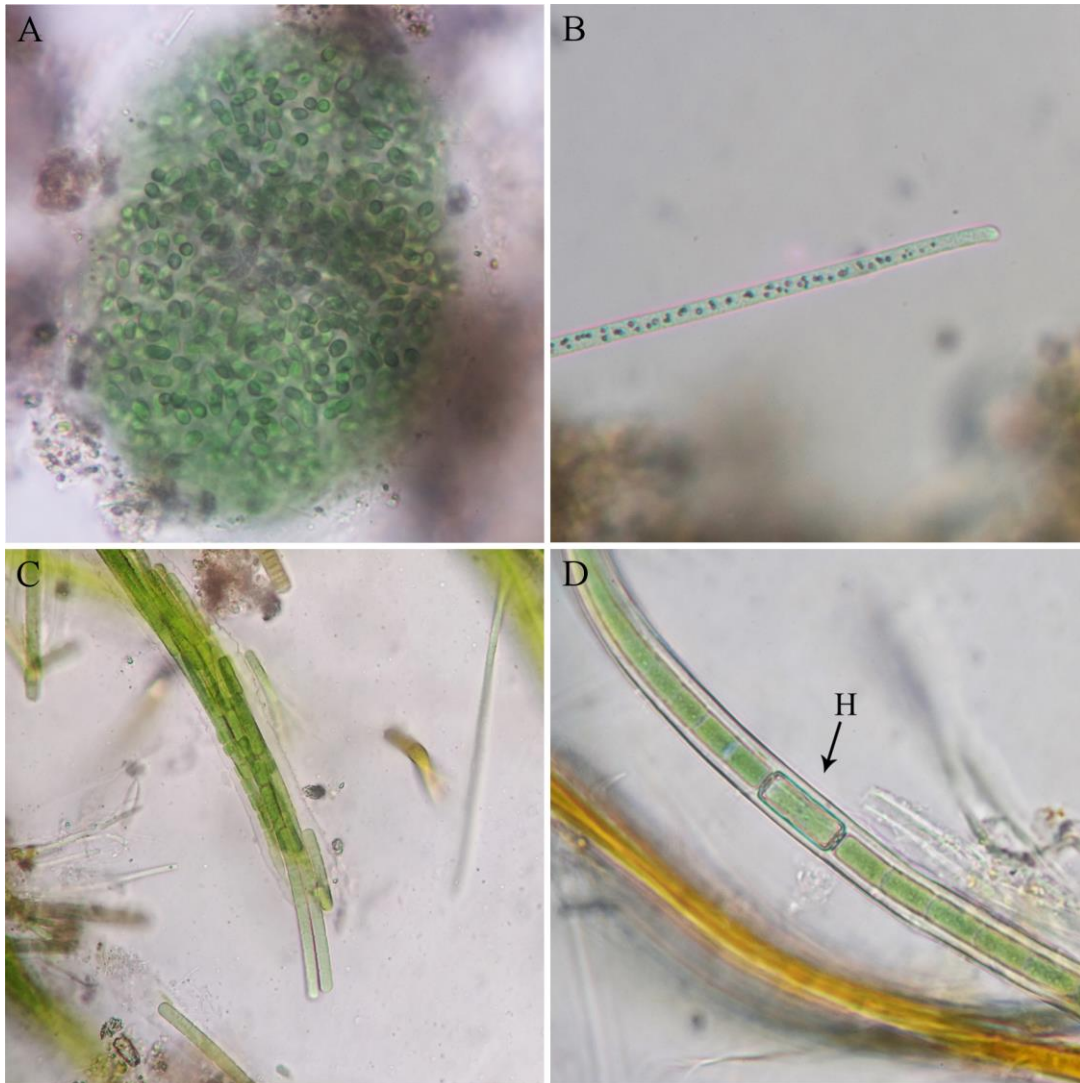


Figura 1. Diversidad de morfologías dentro del grupo de las cianobacterias. **A.** Colonia envuelta en mucílago (*Aphanothece* sp.). **B.** Tricoma (*Geitlerinema* sp.). **C.** Tricomas dentro de una vaina (*Microcoleus* sp.). **D.** Filamento donde se observa una célula diferenciada (*Scytonema* sp.). **H.** Heterocisto. (Fotografías de los autores).

tecnología. Algunas especies contienen grandes cantidades de nutrientes (como *Spirulina* Turpin ex Gomont) y se utilizan como complemento alimenticio mientras que otras producen metabolitos secundarios de importancia y aún otras pueden ser indicadoras del estado de salud de cuerpos de agua (Oliva-Martínez *et al.* 2014) y también, se ha probado que algunas especies pueden tener un potencial uso para bioremediación (Dubey *et al.* 2011). Sin embargo, para la correcta aplicación de estos organismos en la biotecnología y ampliar el potencial de

aprovechamiento, siempre ha sido importante conocer su diversidad, lo cual dista aún de completarse en México.

Diversidad de cianoprocariontes en México y el mundo. Gran parte de los estudios realizados en el país que incluyen a estas algas se centran en cuerpos de agua dulce ubicados en la parte continental de México, los cuales son denominados “continentales” y pueden ser de tipo léntico, como los lagos, lagunas, cenotes, entre otros, o lóticos, como son los ríos y arroyos (López 2017).

Un estudio reciente reportó 1,966 es-

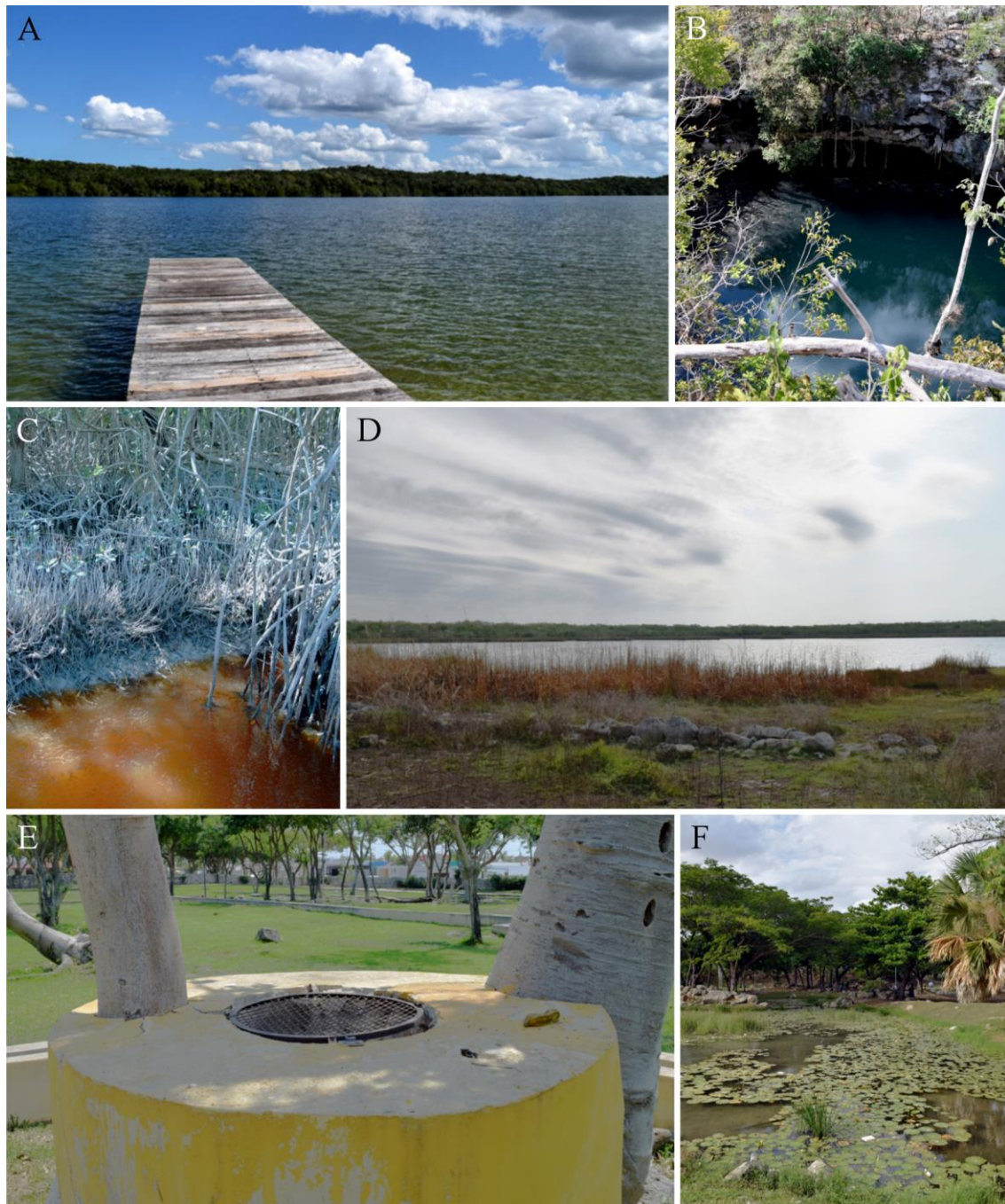


Figura 2. Diferentes cuerpos de aguas en la península de Yucatán. **A.** Laguna. **B.** Cenote. **C.** Humedal (manglar). **D.** Aguada. **E.** Pozo a cielo abierto. **F.** Sascabera rehabilitada. (Fotografías de los autores).

pecies de cianoprocariontes dulceacuícolas en el mundo y 742 en México (Ibarra 2017), sin embargo, se piensa que este número puede estar en incremento ya que las regiones tropicales aún se encuentran en “pañales” respecto al conocimiento florístico de este grupo y de las algas en general (López y Catzim 2010).

¿Qué ocurre con la diversidad de cianoprocariontes en Yucatán? Gran parte de los estudios sobre la diversidad de microalgas y particularmente de las algas verde-azules en agua dulce se han focalizado en el centro del país, mientras que en el sureste han estado bastante rezagados, concentrando su esfuerzo en

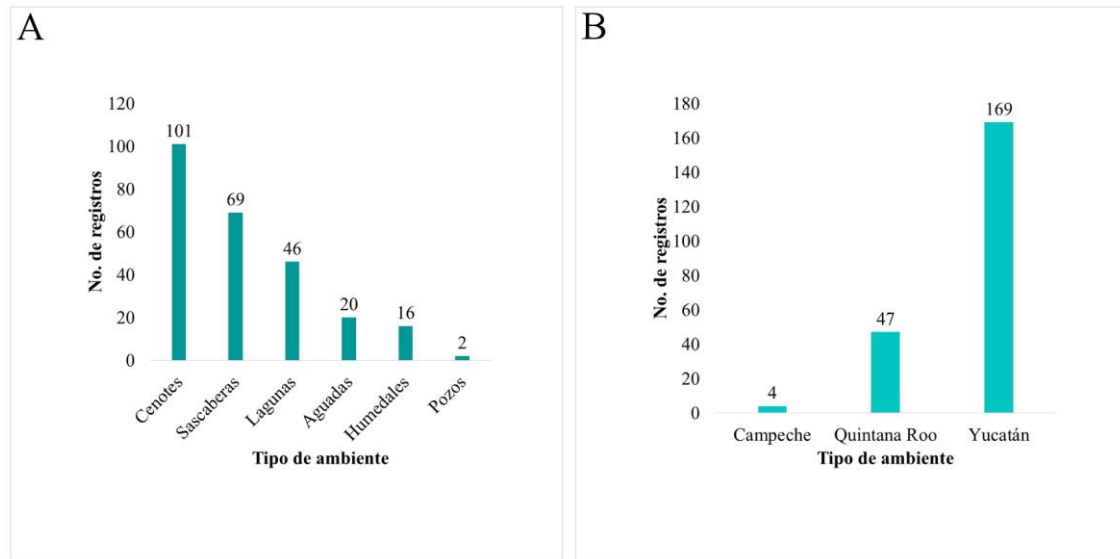


Figura 3. Registro de especies de cianoprocariontes. **A.** Registros por tipos de cuerpo de agua dulce. **B.** Registros por estado de la península de Yucatán. (Fotografías de los autores).

contadas publicaciones en donde mencionan, catalogan o inventarían a estos organismos (Novelo y Tavera 2011).

A pesar de que la península de Yucatán (PY) no tiene principalmente corrientes superficiales (con la excepción de escasos ríos: Champotón, Candelaria, Hondo, Chumpán, Candelaria, etc.), gran parte de los estudios realizados se han centrado en sistemas de tipo lentic, siendo los cenotes, humedales (p. ej. manglares, aguadas, pantanos, entre otros) y lagunas interiores objeto principal de estudio (Figura 2A-D). Aunado a esto, en Yucatán se presentan reservorios de agua que no se consideran de origen natural y que están presentes gracias a la acción del hombre con la finalidad de aprovechar el recurso hídrico, como son los pozos y las sascabebras, que son pozas rehabilitadas en donde alguna vez se extrajo material pétreo (López y Barrientos 2005) (Figura 2E-F), en las cuales han sido realizados estudios en donde mencionen cianoprocariontes.

Los resultados del análisis bibliográfico realizado registran hasta el momento 206 especies de 84 géneros, 31 familias y siete órdenes, donde Synechococcales es el orden con mayor registro (31.06%),

seguido de Chroococcales (26.69%), Oscillatoriales (26.69%), Nostocales (11.16%), Spirulinales (2.48%), Pleurocapsales (1.49%) y Chroococciopsidales (0.49%), respectivamente. Estas especies fueron reportadas en publicaciones entre los años 1984 y 2017 y comprende a los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán (Anexo 1), asimismo, se actualizó la nomenclatura de los organismos para evitar duplicidad con apoyo de Algaebase.com (Guiry y Guiry 2019).

Estas especies se han reportado principalmente en cenotes, seguido de sascabebras y lagunas interiores; aunque también es destacable decir que los sitios en donde menos se han reportado son las aguadas, humedales y los pozos, mismos en donde el incrementar el muestreo se podría aumentar el número de taxones (Figura 3A).

Con respecto a los registros por estado (Figura 3B), Yucatán presenta el primer lugar en registros, lo que indica que el mayor esfuerzo de los estudios se ha realizado allí. A pesar de que Campeche y Quintana Roo se encuentran rezagados con respecto al primer estado en el número de reportes, también tienen cuerpos de agua dulce que no han sido explorados y

que su estudio podría aumentar el conocimiento sobre la diversidad de este grupo de algas. En general, es evidente que un muestreo mucho más extensivo e intensivo es requerido para alcanzar a vislumbrar la diversidad de cianobacterias en la PY.

Si bien estos trabajos contribuyen a la flora de cianoprocariontes y microalgas en general en la península, son pocos en donde se describen e ilustran en fotos o esquemas a estos organismos, realizar trabajos de este tipo podrían ser muy útiles para futuros trabajos de diversidad o ecológicos, así como trabajos utilizando herramientas moleculares o de aplicación biotecnológica.

Referencias

- Guiry M.D. y Guiry G.M. 2019.** Algae-base – Online database of algae taxa. World-wide electronic publication. Universidad de Irlanda, Galway.
<http://www.algaebase.org>
- Hoffmann L., Kaštovsky J. y Komárek J. 2005.** Proposal of cyanobacterial system – 2004. En: Komárek J. y Anagnostidis K. Eds., *Cyanoprokaryota – Teil: Oscillatoriales*, pp. 657-660. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg. Berlín, Alemania.
- Ibarra-Gallardo C.E. 2017.** Caracterización morfológica de los Cianoprocariontes y las algas epilíticas de la zona arqueológica de Yaxchilán, Chiapas. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Komárek J. y Anagnostidis K. 2005.** *Cyanoprokaryota – Teil: Oscillatoriales*. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg. Berlín, Alemania. 759 pp.
- López S. 2017.** Las microalgas de la Península de Yucatán. En: López-Adrián S. y Novelo E. Eds., *Microalgas de la Península de Yucatán*, pp. 1-20. Gynkopy. Yucatán, México.
- López S. y Catzim L. 2010.** Cianofitas de las sascaberas. En: Durán R. y Méndez M. Eds. *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*, pp. 167. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. Yucatán, México.
- Novelo E. 2011.** Cyanoprokaryota. Fascículo 90. In: Medina R. Ed., *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. México. 96 pp.
- Novelo E. y Tavera R. 2011.** Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. *Hidrobiológica* 21(3): 333-341.
- Oliva-Martínez M., Godínez-Ortega J. y Zúñiga-Ramos C. 2014.** Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 54-61.

Desde el Herbario CICY, 11: 58–62 (21-marzo-2019), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 232, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Germán Carnevali Fernández-Concha y José Luis Tapia Muñoz. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 21 de marzo de 2019. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.

Anexo 1.

Listado taxonómico de cianoprocariontes de la porción mexicana de la península de Yucatán. Las letras en la columna de ambiente indican los diferentes cuerpos de agua dulce: c= cenote, l= laguna, a= aguada, s= sascabera, h= humedal, p= pozo. Distribución refiere al estado en el que fue realizado el estudio y localizado a la especie: C= Campeche, Q= Quintana Roo y Y= Yucatán.

Especie	Ambiente	Distribución
ORDEN SYNECHOCOCCALES		
Familia Synechococcaceae		
<i>Bacularia</i> sp.	h	Q
<i>Cyanodictyon iac</i> G.Cronberg & Komárek 1994	l	Q
<i>Cyanogranis</i> sp.	c	Y
<i>Lemmermanniella pallida</i> (Lemmermann) Geitler 1942	l	Y
<i>Rhabdoderma tenuissimum</i> Komárek & H.Kling 1991	s	Y
<i>Rhabdogloea subtropica</i> Hindák 1984	c, s	Y
<i>R. yucatanensis</i> Komárek & Komárková-Legnerová 2007	c, s	Y
<i>Synechococcus nidulans</i> (Pringsheim) Komárek in Bourrelly 1970	l	Q
<i>S. socialis</i> Tavera, Novelo & López 2013	c, s	Y
<i>S. cf. mundulus</i> Skuja 1964	-	Y
<i>S. cf. roseopurpureos</i> G.S.West 1899	c	Y
Familia Merismopediaceae		
<i>Aphanocapsa elachista</i> West & G.S.West 1894	s	Y
<i>A. holsatica</i> (Lemmermann) G.Cronberg & Komárek 1994	c, s	Y
<i>A. incerta</i> (Lemmermann) G.Conberg & Komárek 1994	c, s	Y
<i>A. intertexta</i> N.L.Gardner 1927	c	Y
<i>A. litoralis</i> Hansgirg 1892	s	Y
<i>A. koordersii</i> K.M.Strøm 1923	h	Q
<i>A. muscicola</i> (Meneghini) Wille 1919	c	Y
<i>A. nubila</i> Komárek & H.J.Kling 1991	c	Y
<i>A. roeseana</i> De Bary in Rabenhorst 1870	c	Y
<i>A. venezuelae</i> Schiller 1956	s	Y
<i>Cyanotetras crucigenielloides</i> Komárek 1995	c, s	Y
<i>Eucapsis minuta</i> F.E.Fritsch 1912	s	Y
<i>E. cf. minor</i> (Skuja) Elenkin 1933	s	Y
<i>Limnococcus limneticus</i> (Lemmermann) Komárková, Jezberová, O.Komárek & Zapomelová 2010	c, l	Q, Y
<i>Merismopedia elegans</i> A.Braun ex Kützing 1849	s	Y
<i>M. glauca</i> (Ehrenberg) Kützing 1845	c, l, a, s	Q, Y
<i>M. minima</i> G.Beck in G.Beck & Zahlbruckner 1897	c, l	Y
<i>M. punctata</i> Meyen 1839	l, a	Q, Y
<i>M. tenuissima</i> Lemmermann 1898	c, s, h	Q, Y
<i>M. cf. marssonii</i> Lemmermann 1900	s	Y

<i>Microcrocis</i> sp.	s	Y
<i>Pannus</i> cf. <i>leloup</i> ii (Kufferath) Hindák 1993	s	Y
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauvageau 1892	a	Y
<i>S. pevalekii</i> Ercegovic 1925	c, h	Q, Y

Familia Coelosphaeriaceae

<i>Coelomoron microcystoides</i> Komárek 1989	c	Y
<i>C. tropicale</i> P.A.C.Senna, A.C.Peres & Komárek 1998	c	Y
<i>C. vestitum</i> Komárek 1989	s	Y
<i>Coelosphaerium confertum</i> West & G.S.West 1896	l	Q
<i>C. dubium</i> Grunow in Rabenhorst 1865	s	Y
<i>C. minutissimum</i> Lemmermann 1900	c	Y
<i>Snowella</i> cf. <i>lacustris</i> (Chodat) Komárek & Hindák 1988	c	Y
<i>Woronichinia microcystoides</i> (Komárek) Joosten 2006	c	Y

Familia Romeriaceae

<i>Romeria</i> sp.	c	Y
--------------------	---	---

Familia Pseudanabaenaceae

<i>Jaaginema angustissimum</i> (West & G.S.West) Anagnostidis & Komárek 1988	c	Y
<i>J. geminatum</i> (Schwabe ex Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988	l	Y
<i>J. unigranulatum</i> (Biswas) Anagnostidis 2001	s	Y
<i>Limnothrix borgertii</i> (Lemmermann) Anagnostidis 2001	s	Y
<i>Pseudanabaena amphigranulata</i> (Goor) Anagnostidis 2001	c	Y
<i>P. catenata</i> Lauterborn 1915	c, s	C, Y
<i>P. mucicola</i> (Naumann & Huber-Pestalozzi) Schwabe 1964	c	Y
<i>P. woronichinii</i> Anagnostidis 2001	c, s	Y

Familia Leptolyngbyaceae

<i>Leibleinia</i> sp.	h	Q
<i>Leptolyngbya edaphica</i> (Elenkin) Anagnostidis & Komárek 2001	a	Y
<i>L. lagerheimii</i> (Gomont ex Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988	s	Y
<i>L. lignicola</i> (Frémy) Anagnostidis & Komárek 1988	c	Y
<i>L. perelegans</i> (Lemmermann) Anagnostidis & Komárek 1988	s	Y
<i>L. tenuis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988	s	Y
<i>Planktolyngbya contorta</i> (Lemmermann) Anagnostidis & Komárek 1988	l	Q

Familia Heteroleibleiniaceae

<i>Heteroleibleinia kuetzingii</i> (Schmidle) Compère 1985	c	Y
<i>Heteroleibleinia</i> sp.	h	Q

Familia Schizotrichaceae

<i>Schizothrix arenaria</i> Gomont 1892	c	Y
<i>S. calcicola</i> Gomont 1892	c, l, s	Y
<i>S. lateritia</i> f. <i>lyngbyacea</i> Schmidle 1900	c	Y

ORDEN SPIRULINALES

Familia Spirulinaceae

<i>Glaucospira</i> sp.	c, a	Y
<i>Spirulina labyrinthiformis</i> Gomont 1892	l	Q
<i>S. subsalsa</i> Oersted ex Gomont 1892	c, l, s	Y
<i>S. subtilissima</i> Kützing ex Gomont 1892	c	Y
<i>S. cf. platensis</i> (Gomont) Geitler 1925	c	Y

ORDEN CHROOCOCCALES

Familia Microcystaceae

<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing 1846	c, l, a, s, p	Q, Y
<i>M. chroococcoidea</i> West & G.S.West 1911	c	Y
<i>M. comperei</i> Komárek 1984	s	Y
<i>M. dimidiata</i> (Kützing) P.C.Silva in P.C.Silva, Basson & Moe 1996	-	Y
<i>M. flos-aquae</i> (Wittrock) Kirchner 1898	s	Y
<i>M. panniformis</i> Komárek, Komárková-Legnerová, Sant'Anna, M.T.P.Azevedo, & P.A.C.Senna 2002	l	Q
<i>M. protocystis</i> W.B.Crow 1923	c, l, a, s	Y
<i>M. pseudofilamentosa</i> W.B.Crow 1923	c, s	Y
<i>M. smithii</i> Komárek & Anagnostidis 1995	c, s	Y
<i>M. viridis</i> (A.Braun) Lemmermann 1903	l	Q
<i>Radiocystis geminata</i> Skuja 1948	s	Y

Familia Aphanothecaceae

<i>Aphanothece comasii</i> J.Komárková-Legnerová & R.Tavera 1996	s	Y
<i>A. conglomerata</i> F.Rich 1932	s	Y
<i>A. elabens</i> (Brébisson ex Meneghini) Elenkin 1938	c	Y
<i>A. granulosa</i> (N.L.Gardner) Komárek & Komáková-Legnerová 2007	s	Y
<i>A. hardersii</i> Schiller 1956	s	Y
<i>A. microscopica</i> Nägeli 1849	s	Y
<i>A. stagnina</i> (Sprengel) A.Braun in Rabenhorst 1863	c, s	Y
<i>A. variabilis</i> (Schiller) Komárek 1995	c, s	Y
<i>Gloeothece rupestris</i> (Lyngbye) Bornet in Wittrock &	l	Y

Nordstedt

Familia Cyanothrichaceae

Johannesbaptistia pellucida (Dickie) W.R.Taylor & Drouet c, l Q, Y
 in Drouet 1938

Familia Gomphosphaeriaceae

Gomphosphaeria aponina Kützing 1836 c, l, s C, Q, Y
G. semen-vitis Komárek 1989 l Q

Familia Chroococcaceae

Asterocapsa xcaamalensis Tavera, Novelo & López 2013 c, s Y
Chondrocystis dermochroa (Nägeli) Komárek & c Y
 Anagnostidis 1995
Chroococcus deltoides Komárek & E.Novelo 1994 h Q
C. dispersus (Keissler) Lemmermann 1904 c Y
C. distans (G.M.Smith) Komárková-Legnerová & Cronberg h Q
 1994
C. giganteus West 1892 s Y
C. macrococcus (Kützing) Rabenhorst 1863 s Y
C. minimus (Keissler) Lemmermann 1904 c Y
C. minor (Kützing) Nägeli 1849 l Q
C. minutus (Kützing) Nägeli 1849 l Q
C. mipitanensis (Wolszynska) Geitler in Pascher 1925 c, s Y
C. obliteratus Richter in Hauck & Richter 1885 h Q
C. pallidus Nägeli 1849 c Y
C. pulcherrimus Welsh 1965 l Q
C. submarinus (Hansgirg) Kovácik 1988 l Q
C. turgidus (Kützing) Nägeli 1849 c, l, a, s, p C, Q, Y
C. turgidus var. *maximus* Nygaard 1926 s Y
C. varius A.Braun in Rabenhorst 1876 c Y
C. cf. helveticus Nägeli 1849 c Y
C. cf. prescottii Drouet & Daily in Drouet 1942 s Y
Cyanokybus sp. h Q
Cyanosarcina caribeana Tavera, Novelo & López 2013 c, s Y
C. cf. parthenonensis Anagnostidis in Anagnostidis & c Y
 Pantazidou 1991
Gloeocapsa conglomerata Kützing 1846 c Y
G. granosa (Berkeley) Kützing 1847 c Y
G. rupestris Kützing 1847 c -
G. cf. polydermatica Kützing 1846 c Y
Gloeocapsopsis magma (Brébisson) Komárek & c, l Y
 Anagnostidis ex Komárek 1993

Familia Entophysalidaceae

<i>Chlorogloea epiphytica</i> Komárek & Montejano 1994	c	Y
<i>C. gardneri</i> J.Komárek & J.Komáková-Legnerová 2007	c	Y
<i>C. halkab</i> Tavera, Novelo & López 2013	c	Y
<i>Entophysalis</i> sp.	h	Q

ORDEN PLEUROCAPSALES

Familia Xenococcaceae

<i>Xenococcus</i> sp.	l	Y
-----------------------	---	---

Familia Hyellaceae

<i>Hyella</i> sp.	s	Y
<i>Myxosarcina</i> sp.	c, a	Y

ORDEN CHROOCOCCIDIOPSIDALES

Familia Chroococcidiopsidaceae

<i>Chroococcidiopsis indica</i> Desikachary 1959	c	Y
--	---	---

ORDEN OSCILLATORIALES

Familia Cyanothecaceae

<i>Cyanothece</i> sp.	s	Y
-----------------------	---	---

Familia Coelofasciculaceae

<i>Anagnostidinema amphibium</i> (C.Agardh ex Gomont) Strunecký, Bohunická, J.R.Johansen & J.Komárek 2017	s	Y
<i>Geitlerinema splendidum</i> (Greville ex Gomont) Anagnostidis 1989	l	Q
<i>Gleiterinema</i> sp.	c	Y

Familia Microcoleaceae

<i>Arthrospira maxima</i> Setchell & N.L.Gardner in N.L.Gardner 1917	c, l	Y
<i>A. fusiformis</i> (Voronikhin) Komárek & J.W.G.Lund 1990	a	Y
<i>A. cf. platensis</i> Gomont 1829	c	Y
<i>Hydrocoleum</i> sp.	h	Q
<i>Kamptonema formosum</i> (Bory ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda 2014	c	Y
<i>Microcoleus vaginatus</i> Gomont ex Gomont 1892	c	Y
<i>Oxynema acuminatum</i> (Gomont) Chatchawan, Komárek, Strunecky, Smarda & Peerapornpisal 2012	a	Y
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988	c, l	Q, Y
<i>Porphyrosiphon martensianus</i> (Meneghini ex Gomont)	l	Q

Anagnostidis & Komárek 1988		
<i>Symploca atlantica</i> Gomont 1892	a	Y
<i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont ex Gomont 1890	c	Q
<i>Tychonema bourrellyi</i> (J.W.G.Lund) Anagnostidis & Komárek 1988	l	Y
<i>T. tenue</i> (Skuja) K.Anagnostidis & J.Komárek 1988	a	Y
Familia Oscillatoriaceae		
<i>Limnoraphis hieronymusii</i> (Lemmermann) J.Komárek, E.Zapomelová, J.Smarda, J.Kopecky, E.Rejmánková, J.Woodhouse, B.A.Neilan & J.Komárková 2013	l	Q
<i>Lyngbya cincinnata</i> (Itzigsohn) Compère 1985	c	Y
<i>L. connectens</i> Brühl & Biswas 1923	c	Y
<i>L. lutea</i> Gomont ex Gomont 1892	c	Y
<i>L. major</i> Meneghini ex Gomont 1892	c	Y
<i>L. majuscula</i> Harvey ex Gomont 1892	s	Y
<i>L. semiplena</i> J.Agardh ex Gomont 1892	s	Y
<i>L. spiralis</i> Geitler 1932	c	Y
<i>L. splendens</i> N.L.Gardner 1927	a	Y
<i>L. cf. confernoides</i> C.Agardh ex Gomont 1892	c	Y
<i>L. cf. connectens</i> Brühl & Biswas 1923	s	Y
<i>L. cf. limnetica</i> Lemmermann 1989	s	Y
<i>Microseira wollei</i> (Farlow ex Gomont) G.B.McGregor & Sendall ex Kenins 2017	c, l	Q, Y
<i>Oscillatoria anguina</i> Bory ex Gomont 1892	c	Y
<i>O. annae</i> Goor 1918	c, s	Y
<i>O. curviceps</i> C.Agardh ex Gomont 1892	a	Y
<i>O. limosa</i> C.Agardh ex Gomont 1892	c	C
<i>O. ornata</i> Kützing ex Gomont 1892	c	Y
<i>O. perornata</i> Skuja 1949	s	Y
<i>O. princeps</i> Vaucher ex Gomont 1892	c, l, a	Q, Y
<i>O. printzii</i> Vaucher ex Gomont 1892	c	Y
<i>O. refringens</i> N.L.Gardner 1927	c	Y
<i>O. simplicissima</i> Gomont 1892	a	Y
<i>O. subbrevis</i> Schmidle 1901	c	Y
<i>O. tenuis</i> C.Agardh ex Gomont 1892	a	Y
<i>O. tenuissima</i> C.Agardh ex Forti 1907	a	Y
<i>O. cf. chilkenis</i> Biswas 1932	s	Y
<i>O. cf. laetevirens</i> Hofman-Bang ex Forti 1907	s	Y
<i>O. cf. subuliformis</i> Kützing ex Gomont 1892	c	Y
<i>Phormidium articulatum</i> (N.L.Gardner) Anagnostidis & Komárek 1988	c	Y
<i>P. kuetzingianum</i> (Kirchner ex Hansgirg) Anagnostidis & Komárek 1988	h	Q

<i>P. nigro-viride</i> (Thwaites ex Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988	l	Q
<i>P. nigrum</i> (Vaucher ex Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988	c	Y
<i>P. pachydermaticum</i> Frémy 1930	l	Q
<i>P. subfuscum</i> Kützing ex Gomont 1892	c	Y
<i>P. unigranulatum</i> (Kisselev) Anagnostidis & Komárek 1988	s	Y
<i>P. willei</i> (N.L.Gardner) Anagnostidis & Komárek 1988	s	Y

Familia Gomontiellaceae

<i>Komvophoron</i> sp.	c	Y
------------------------	---	---

ORDEN NOSTOCALES

Familia Scytonemataceae

<i>Scytonema hofmannii</i> C.Agardh ex Bornet & Flahault 1886	l	Y
<i>S. pseudopunctatum</i> Skuja 1949	c	Y
<i>S. cf. millei</i> Bornet ex Bornet & Flahault 1886	s	Y

Familia Rivulariaceae

<i>Calothrix</i> sp.	h	Q
----------------------	---	---

Familia Tolypothrichaceae

<i>Tolypothrix</i> sp.	s	Y
------------------------	---	---

Familia Hapalosiphonaceae

<i>Hapalosiphon</i> sp.	c	Y
<i>Nostochopsis radians</i> Bharadwaja 1934	c	Y
<i>N. cf. lobatus</i> H.C.Wood ex Bornet & Flahault 1886		Y

Familia Fortieaceae

<i>Aulosira</i> sp.	c	Y
---------------------	---	---

Familia Gloeotrichiaceae

<i>Gloeotrichia</i> sp.	h	Q
-------------------------	---	---

Familia Aphanizomenaceae

<i>Cylindrospermopsis philippinensis</i> (W.R.Taylor) Komárek 1984	l	Q
<i>C. raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju in Desikachary 1972	l	Q
<i>C. cf. catemaco</i> Komárková-Legnerová & R.Tavera 1996	l	Q
<i>Dolichospermum sigmoideum</i> (Nygaard) Wacklin, L.Hoffmann & Komárek 2009	c	Y
<i>D. viguieri</i> (Denis & Frémy) Wacklin, L.Hoffmann &	l	Y

Komárek 2009
Nodularia litoraea Thuret ex Komárek, M.Hübel, H.Hübel & Smarda 1993 1 Y

Familia Nostocaceae

Anabaena cf. *fuellbornii* Schmidle 1902 s Y
A. cf. *variabilis* Kützing ex Bornet & Flahault 1886 s Y
Camptylonemopsis sp. h Q
Cylindrospermum stagnale Bornet & Flahault 1886 l Y
Nostoc commune Vaucher ex Bornet & Flahault 1888 c, l Y
N. verrucosum Vaucher ex Bornet & Flahault 1886 a Y
Trichormus fertilissimus (C.B.Rao) Komárek & Anagnostidis 1989 c Y

Fuente: Albornoz, 2005, Calderón-Medina, 2006, Catzim, 2009, Díaz, 1999, Herrera-Silveira *et al.* 1998, López y Barrientos-Medina, 2017a, López y Barrientos-Medina, 2017b, López y Flores, 2012, López-Adrián y Barrientos-Medina, 2005, López-Adrián y Herrera-Silveira, 1994, López-Adrián *et al.* 2017a, López-Adrián *et al.* 2017b, Nava.Ruiz y Valadez, 2012, Novelo y Tavera, 2003, Ortega, 1984, Sánchez *et al.* 2002, Schmitter-Soto, 2002, Schmitter-Soto *et al.* 2002, Tavera, 2013, Valadez *et al.* 2014.

Referencias

- Albornoz A. 2005.** Los cenotes de la Península de Yucatán: Estado actual del conocimiento. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. Yucatán, México.
- Calderón-Medina E.T. 2006.** La Comunidad Fitoplanctónica de un Humedal Tropical en la Reserva Ecológica El Edén, Quintana Roo, México. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Catzim, L. 2009.** Cianofitas planctónicas de doce cuerpos de agua en áreas naturales protegidas de competencia estatal, Yucatán, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. Yucatán, México.
- Díaz V. 1999.** Análisis de algunas características físicas y químicas y su relación con la biomasa fitopláncica del cenote Ixin-Há, Yucatán durante un ciclo anual. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. Yucatán, México.
- Herrera-Silveira J., Comín F., López S. y Sánchez I. 1998.** Limnological characterization of aquatic ecosystems in Yucatan Peninsula (SE Mexico). *Verh. Internat. Verein. Limnol* 26: 1348-1351
- López S. y Barrientos-Medina R. 2017a.** Patrones de composición, riqueza y distribución de cianofitas pláncicas en cuatro Áreas Naturales Protegidas en Yucatán, México. En: López S. y Novelo E. Edits. *Microalgas de la Península de Yucatán*, pp. 67-69. Gynkopy. Yucatán, México.
- López S. y Barrientos-Medina R. 2017b.** Fitoplancton en cenotes de Yucatán como bioindicador de calidad del agua. En: López S. y Novelo E. Edits. *Microalgas de la Península de Yucatán*, pp. 113-118. Gynkopy. Yucatán, México.
- López S. y Flores J. 2012.** Las microalgas encontradas en los pozos y haltunes (sartenejas) y su relación con el huerto familiar maya del estado de Yucatán. En: Flores J.S. Edit. *Huertos Familiares de la Península de Yucatán*, pp. 410-421. Universidad Autónoma de Yucatán. Yucatán, México.

- López-Adrián S. y Barrientos-Medina R. 2005.** Diversidad y distribución del fitoplancton de agua dulce en la Península de Yucatán, México. *Ibugana* 19(2): 3-12.
- López-Adrián S. y Herrera-Silveira J. 1994.** Plankton composition in a cenote, Yucatán, México. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25: 1402-1405
- López-Adrián S., Barrientos-Medina R. y Cobos V. 2017c.** Ficoflora de laguna Chichancanab: una contribución a su conocimiento. En: López S. y Novelo E. Edits. *Microalgas de la Península de Yucatán*, pp. 90-99. Gynkopy. Yucatán, México.
- López-Adrián S., Barrientos-Medina R., Tavera R. y Novelo E. 2017b.** Ficoflora de la zona urbana y conurbada de Yucatán. En: López S. y Novelo E. Edits. *Microalgas de la Península de Yucatán*, pp. 28-38. Gynkopy. Yucatán, México.
- Nava-Ruiz V. y Valadez F. 2012.** Flora planctónica de laguna Lagartos, Quintana Roo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 561-582.
- Novelo E. y Tavera R. 2003.** The role of periphyton in the regulation and supply of nutrients in a wetland at El Edén, Quintana Roo. En: Fedick S., Allen M., Jiménez-Osornio J. y Gómez-Pompa A. Edits. *The Lowland Maya Area: Three Millennia at the Human-Wildland Interface*, pp. 217-236. CRC Press. Estados Unidos de América.
- Ortega M. 1984.** Catálogo de Algas Continentales Recientes de México. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México. 566 p.
- Sánchez M., Alcocer J., Escobar E. y Lugo A. 2002.** Phytoplankton of cenotes and anchialines caves along a distance gradient from the northeastern coast of Quintana Roo, Yucatan Peninsula. *Hidrobiología* 467: 79-89.
- Schmitter-Soto J. 2002.** Los cenotes de Península de Yucatán. En: Alcocer J., Elías M., Escobar E., Marín L., Schmitter-Soto J. y Suárez-Morales E. Edits. *Lagos y Presas de México, de próxima aparición*. El Colegio de la Frontera Sur. Quintana Roo, México.
- Schmitter-Soto J., Comín F., Escobar-Briones E., Herrera-Silveira J., Alcocer J., Suárez-Morales E., Elías-Gutiérrez M., Díaz-Arce V., Marín L. y Steinich B. 2002.** Hydrogeochemical and biological characteristics of cenotes in the Yucatán Peninsula (SE Mexico). *Hydrobiologia* 467: 215 - 228.
- Tavera R., Novelo E. y López S. 2013.** Cyanoprokaryota (Cyanobacteria) in karst environments in Yucatán, México. *Botanical Sciences* 91(1): 27-52.
- Valadez F., Rosiles G. y Ortega-Rubio A. 2014.** Diversidad de algas en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 60: 23-36.