

CARACTERIZACIÓN DE LA VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE *Cyanotetras* (CYANOBACTERIA) EN EL LAGO DE CATEMACO VERACRUZ, MÉXICO

CHARACTERIZATION OF MORPHOLOGICAL VARIATION OF *Cyanotetras* (CYANOBACTERIA) IN CATEMACO LAKE, VERACRUZ, MÉXICO

R.E. Muciño-Márquez, R.O. Echenique, I. Gárate-Lizárraga, M.G. Figueroa-Torres y A. Esquivel-Herrera.

CARACTERIZACIÓN DE LA VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE *Cyanotetras*
(CYANOBACTERIA) EN EL LAGO DE CATEMACO VERACRUZ, MÉXICO.

CHARACTERIZATION OF MORPHOLOGICAL VARIATION OF *Cyanotetras*
(CYANOBACTERIA) IN CATEMACO LAKE, VERACRUZ, MÉXICO.

CARACTERIZACIÓN DE LA VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE *Cyanotetras* (CYANOBACTERIA) EN EL LAGO DE CATEMACO VERACRUZ, MÉXICO.

CHARACTERIZATION OF MORPHOLOGICAL VARIATION OF *Cyanotetras* (CYANOBACTERIA) IN CATEMACO LAKE, VERACRUZ, MÉXICO.

R.E. Muciño-Márquez,
R.O. Echenique,
I. Gárate-Lizárraga,
M.G. Figueroa-Torres
y A. Esquivel-Herrera.

CARACTERIZACIÓN DE LA
VARIACIÓN
MORFOLÓGICA DE
Cyanotetras
(CYANOBACTERIA) EN EL
LAGO DE CATEMACO
VERACRUZ, MÉXICO.

CHARACTERIZATION OF
MORPHOLOGICAL
VARIATION OF *Cyanotetras*
(CYANOBACTERIA) IN
CATEMACO LAKE,
VERACRUZ, MÉXICO.

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 51: 43-53. Enero 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.51.3

R.E. Muciño-Márquez/ mucinoelizabeth@gmail.com

Laboratorio de Ficología, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco

R.O. Echenique

División Ficología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo,
Universidad Nacional de La Plata/CIC-PBA, Argentina

I. Gárate-Lizárraga

Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas,
Departamento de Plancton y Ecología Marina,

M.G. Figueroa-Torres

Laboratorio de Ficología, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco

A. Esquivel-Herrera

Departamento el Hombre y su ambiente,
Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.

RESUMEN: *Cyanotetras* (Hindák, 1988), es un género poco conocido, planctónico y/o metafítico, propio de pequeños reservorios de agua continental, ligeramente eutróficos. Hasta la fecha, sólo se han descrito tres especies. El propósito del presente estudio es reportar dos taxa del género *Cyanotetras* encontrados en el Lago de Catemaco, Veracruz (México); incluyendo, además, la propuesta de una nueva variedad. Se recolectaron muestras en once sitios en el Lago de Catemaco, para evaluar la composición de la taxocenosis fitoplanctónica, así como las características de las variables físico-químicas. Se describen los taxa del género *Cyanotetras* halladas en el Lago de Catemaco: *C. crucigenielloides*, *C. aerotopa*, así como una nueva forma, *C. crucigenielloides* var. *mexicana*. Esta última fue abundante ($2-165 \times 10^3$ céls L^{-1}), en tanto que, *C. aerotopa* y *C. crucigenielloides* fueron especies raras ($2-16 \times 10^3$ céls L^{-1}). Debido a que no hay suficientes investigaciones del género *Cyanotetras* y sus respectivas especies, es necesario seguir realizando estudios de estas especies en el Lago de Catemaco, sobre todo, para *C. crucigenielloides* var. *mexicana*, la cual fue una especie abundante, debido a que no hay suficientes investigaciones sobre taxa pertenecientes a este género.

Palabras clave: Cianobacterias, *Cyanotetras*, fitoplancton, Veracruz.

ABSTRACT: *Cyanotetras* (Hindák, 1988), is a poorly known planktonic and / or metaphytic genus of cyanobacteria, typical of small, slightly eutrophic reservoirs. To date, only three species have been described. The purpose of this study is to report two taxa of this genus found in Catemaco lake, Veracruz (Mexico), and to propose a new variety. Water samples were collected at eleven sites in Catemaco lake, to evaluate the composition of phytoplankton taxocenosis, as well as the characteristics of the physicochemical variables. This study described the species of the genus *Cyanotetras*, found in Catemaco lake: *C. crucigenielloides*, *C. aerotopa*, as well as a new form, *C.*

crucigeniellodes var. *mexicana*. was an abundant species ($2 - 165 \times 10^3$ cells L^{-1}). *Cyanotetras aerotopa* and *C. crucigenielloides* were rare species ($2-16 \times 10^3$ cells L^{-1}). It is important to continue studying these species in Catemaco lake to improve the knowledge of the genus.

Keywords: Cyanobacteria, *Cyanotetras*, phytoplankton, Veracruz.

INTRODUCCIÓN

El género *Cyanotetras* fue descrito por primera vez por (Hindák, 1988). Este género, está relacionado con el género *Merismopedia*, del cual se diferencia principalmente por la forma de las células, las cuales son alargadas, hasta ovaladas u ovoides, que forman grupos planos característicos, microcolonias (Komárek, 1995). Las colonias de *Cyanotetras* flotan libremente, se organizan regularmente más o menos en planos y en forma rectangular, en capas de (2)4 a 8(32) células, dispuestas en filas perpendiculares cortas, rodeadas por una vaina mucilaginosa fina e incolora, delimitada o con margen difluente. Las agregaciones celulares, están cubiertas por un mucilago, no estructurado. Las células, están generalmente unidas entre sí, dispuestas de a dos o en tétradas planas. Su contenido celular es homogéneo, azul-verdoso o verde-oliva, con o sin aerótopos. La división celular es por fisión binaria en dos planos perpendiculares en generaciones sucesivas; las células permanecen unidas entre sí constituyendo colonias, las que luego se disocian, hasta incluso en células solitarias (Hindák, 1988; Komárek, 1995, Komárek J. & Anagnostidis, 1999, Komárek J. & Legnerová, 2002). *Cyanotetras* es un género poco conocido, aún no estudiado por métodos ultraestructurales y moleculares. Se encuentran en el plancton y en parte en el metafiton de pequeños reservorios de agua continental, ligeramente eutróficos, principalmente donde hay abundantes plantas acuáticas. Hasta la fecha, sólo se han descrito tres especies; *Cyanotetras fusca* Hindák (1988), *Cyanotetras crucigenielloides* Komárek (1995) y *Cyanotetras aerotopa* Komárek & Komárková-Legnerová (2002). Las especies de este género se han reportado, principalmente, en cuerpos de agua de Europa (Eslovaquia, España), de Asia (Corea), en África Central y de América (Canadá, Cuba y México) (Komárek, 1995; Komárek & Anagnostidis, 1999; Komárek & Komárková-Legnerová, 2002; Komárek, 2003; Jong-Geun, 2012; Komárek *et al.*, 2014; Stoyneva-Gärtner & Descy, 2018; Llorente & Seoane, 2020). En México, (Komárek & Komárková-Legnerová, 2002) reportan por primera vez este género en el Lago de Catemaco (Veracruz) y en estanques de la ciudad Valles (San Luis Potosí), (Osorio-Sánchez & Sánchez-Pérez, 2005) en la laguna El Balsón (Tabasco) y (López-Adrián *et al.*, 2017) en Yucatán. Sin embargo, debido a que son escasos los registros, pudiendo considerarse a las especies de este género como raras (Novelo & Tavera, 2011; Oliva-Martínez *et al.*, 2014). El objetivo del presente estudio fue caracterizar la variación morfológica en poblaciones de *Cyanotetras* para determinar su estatus taxonómico en el Lago de Catemaco (Veracruz).

MATERIAL Y MÉTODOS

El Lago de Catemaco, se localiza en el Macizo Volcánico de Los Tuxtlas, en el sureste del estado de Veracruz (México), y forma parte de la cuenca del río Papaloapan entre las coordenadas $18^{\circ}21'$ y $18^{\circ}27'$ N y los $95^{\circ}01'$ y $95^{\circ}07'$ W (fig. 1). En su margen noroccidental se asienta el poblado del mismo nombre, a 165 km del puerto de Veracruz y a 7-8 km de San Andrés Tuxtla (Torres-Orozco, 1995; Lorán-Núñez *et al.*, 2013). Una parte del lago está incluida en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas (Pérez-Rojas & Torres-Orozco, 1992; Lorán-Núñez *et al.*, 2013). En el lago se localizan islas interiores: Tanazpilli (Los Monos), Agaltepec (Cocodrilos) y Totogochio (Garzas), las que también son zonas protegidas. Por su extensión, este lago es el tercer cuerpo lacustre más grande de México (Lorán-Núñez *et al.*, 2013).

El clima de la región es húmedo cálido, precipitación pluvial promedio anual es de 1935.3 mm. La temperatura fluctúa entre $18^{\circ}C$ y $26^{\circ}C$, de septiembre a enero dominan los vientos del norte

y el resto del año los del noreste (Lorán-Núñez, *et al.* 2013). La cuenca del Lago de Catemaco tiene un área de 322.2 km²; su vaso, de origen volcánico, surgió durante el Terciario y el Cuaternario, y se encuentra a 340 msnm; presenta una profundidad máxima de 22 m, en una fosa pequeña situada en un canal angosto que se forma entre la isla Agaltepec y la ribera noroccidental del cuerpo de agua (Pérez-Rojas & Torres-Orozco, 1992; Lorán-Núñez *et al.*, 2013).

En el lago desembocan cinco ríos: Cuetzalapan, Ahuacapan, Margarita, Pozolapan y Victoria, en tanto, desde la margen noroeste existen aportes de aguas carbonatadas de manantiales que drenan hacia el sistema, siendo los más conocidos los de Coyame y Arroyo Agrio (Pérez-Rojas & Torres-Orozco, 1993; Lorán-Núñez *et al.*, 2013).

Se seleccionaron once sitios de muestreo por la cercanía de la zona urbana, en los meses de febrero y mayo del 2006, marzo, mayo y octubre del 2011 y mayo del 2013. Se tomaron muestras de dos niveles de la columna de agua, en superficie y en medio fondo (hasta donde penetra la luz, establecido con un disco de Secchi), utilizando una botella van Dorn, para evaluar la composición de la taxocenosis fitoplanctónica, así como de las características físico-químicas. Las muestras biológicas se fijaron con lugol acético, al 1%.

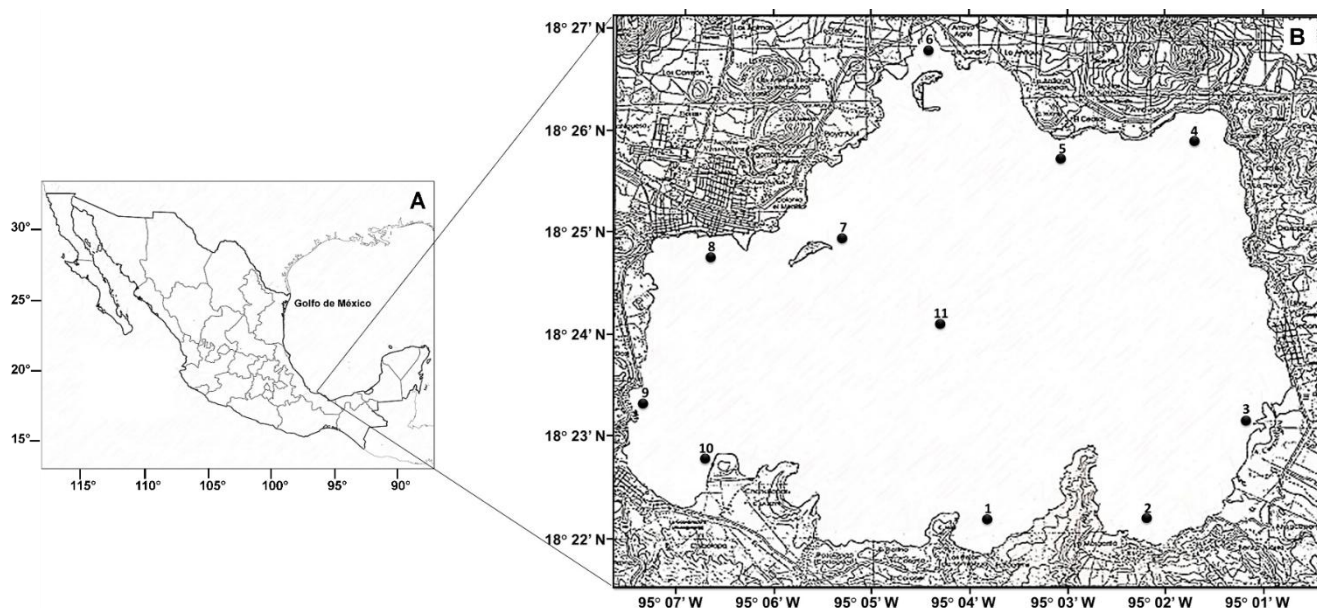


Fig. 1: A) Localización geográfica y B) sitios de muestreos 1: Mimiahua; 2: Arroyo La Margarita; 3: Cuetzalapa; 4: Coyame; 5: Cerro Xúchil; 6: Arroyo Agrio; 7: Isla; 8: Catemaco; 9: Maxacapa; 10: Cerro Victoria y 11: Centro, en el Lago de Catemaco, Veracruz.

En cuanto a las variables ambientales, la transparencia del agua se midió con disco de Secchi, la temperatura y el pH se registraron utilizando un sensor termohalino-conductivímetro (YSI 85). Para la cuantificación de sales nutritivas se utilizó un espectrofotómetro (HACH Odyssey DR-2500) y kits de prueba para ortofosfatos (método del ácido ascórbico PhosVer 3), nitritos (método de diazotación con NitraVer 3), nitratos (método de reducción del cadmio con NitraVer 5) y amonio (método de silicato con silicato y cianurato de amonio) de acuerdo con Water Analysis Handbook (2019.).

Para el análisis cualitativo y cuantitativo, las muestras se homogenizaron y se tomaron alícuotas, las cuales se colocaron en cámaras de sedimentación de 2 ml (Hasle, 1978), y se analizaron con un microscopio invertido Olympus CK40; se obtuvieron micrografías (cámara SONY, 7.2Mpxs). Para el análisis taxonómico, se consultaron las obras de Hindák (1988); Komárek (1995, 2003); Komárek & Anagnostidis (1999); Komárek & Komárková-Legnerová (2002) y Jong-Geun (2012). Para sinonimias, se consultó el sistema AlgaeBase (Guiry & Guiry, 2019).

RESULTADOS

En el Lago de Catemaco, de un estudio para evaluar la composición de la taxocenosis fitoplanctónica, se encontraron taxa correspondientes al género *Cyanotetras*, a continuación, se describe las especies reportadas.

Cyanotetras crucigenielloides Komárek, 1995, (figs. 2 A-E)

Referencias: (Komárek, 1995); (Komárek & Anagnostidis, 1999); (Komárek, 2003); (Osorio-Sánchez & López-Pérez, 2005); (Jong-Geun, 2012).

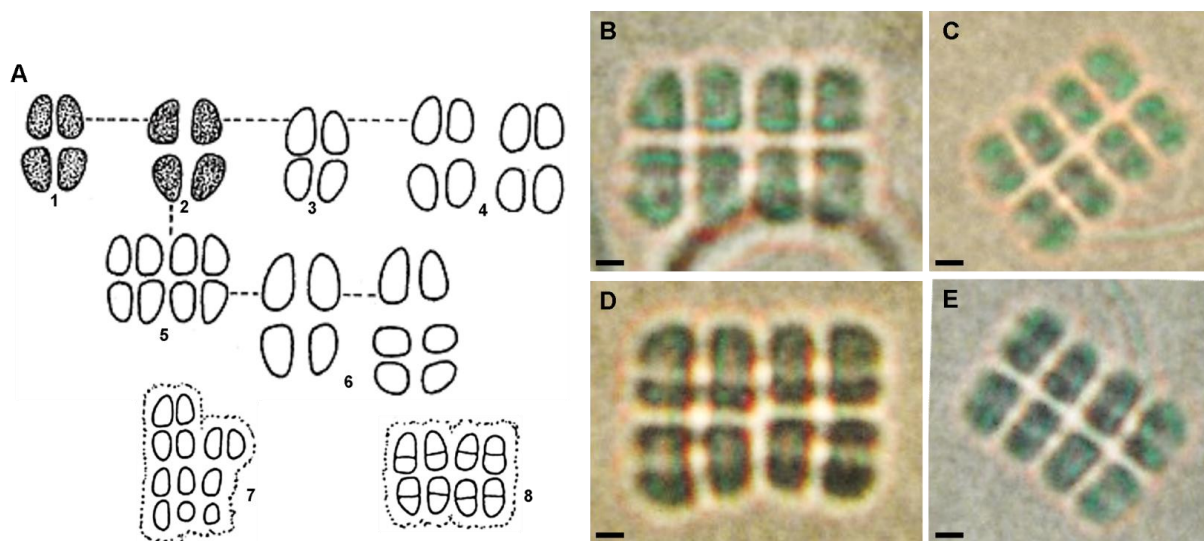


Fig. 2. A1-7) Formación de colonias y A8) división celular (según (Komárek, 2003), B a E) ejemplares de *Cyanotetras crucigenielloides* del Lago de Catemaco (este trabajo). —1 μm, en 40 x.

Colonias microscópicas planas, formadas por 4 a 8 (32) células, dispuestas en filas perpendiculares cortas con arreglo cuadrangular o rectangular (fig. 2 A-E). Vaina mucilaginosa apenas visible, fina e incolora, homogénea, delgada, delimitada o con margen difluente. Células ovoides, ligeramente alargadas, hasta casi triangulares; contenido celular homogéneo pálido, azul-verdoso, de 1.5-2.8 μm x 1.0-2.4 μm de diámetro, sin aerótopos (Komárek, 1995, 2003; Komárek & Anagnostidis, 1999).

Distribución en el área de estudio: se reporta en la estación 2.

Distribución en México: laguna El Balsón, Tabasco (Osorio-Sánchez & López-Pérez, 2005) y Yucatán (López-Adrián *et al.*, 2017).

Distribución Mundial: En América: provincia Matanzas, península Zapata, en piscinas y playa Larga en San Lázaro, Cuba (Komárek, 1995); Sur de Canadá (Komárek, 2003); Europa: Lago de Sanabria, España (Llorente & Seoane, 2020); Asía: Corea (Jong-Geun, 2012); África Central, en el Lago Edward Nyanza (Stoyneva-Gärtner & Descy, 2018).

Observaciones: se observaron organismos en división (figs. 2 B-E); abundancia de 2.0×10^3 a 1.6×10^4 céls.L⁻¹.

Condiciones ambientales: transparencia: 0.70 a 1 m; temperatura del agua: 20 a 28.3°C; pH: de 6 a 9.2; nitritos: de 0.0 a 0.1 µM; nitratos: de 0 a 0.5 µM; amonio: de 0.4 a 1.2 µM y ortofosfatos: 0.0 a 1.6 µM.

Komárek J. (1995) describe a esta especie como parte del metafiton adherida en las paredes de piscinas y en sistemas mesotróficos, sin indicar datos de los parámetros ambientales del hábitat. En este estudio fue observada en el plancton.

Cyanotetras crucigenielloides variedad mexicana Muciño-Márquez R.E, Figueroa-Torres M.G., Echenique R.O., Gárate-Lizárraga I. & Esquivel-Herrera A., 2020 nov.var. (figs. 3 A-J)

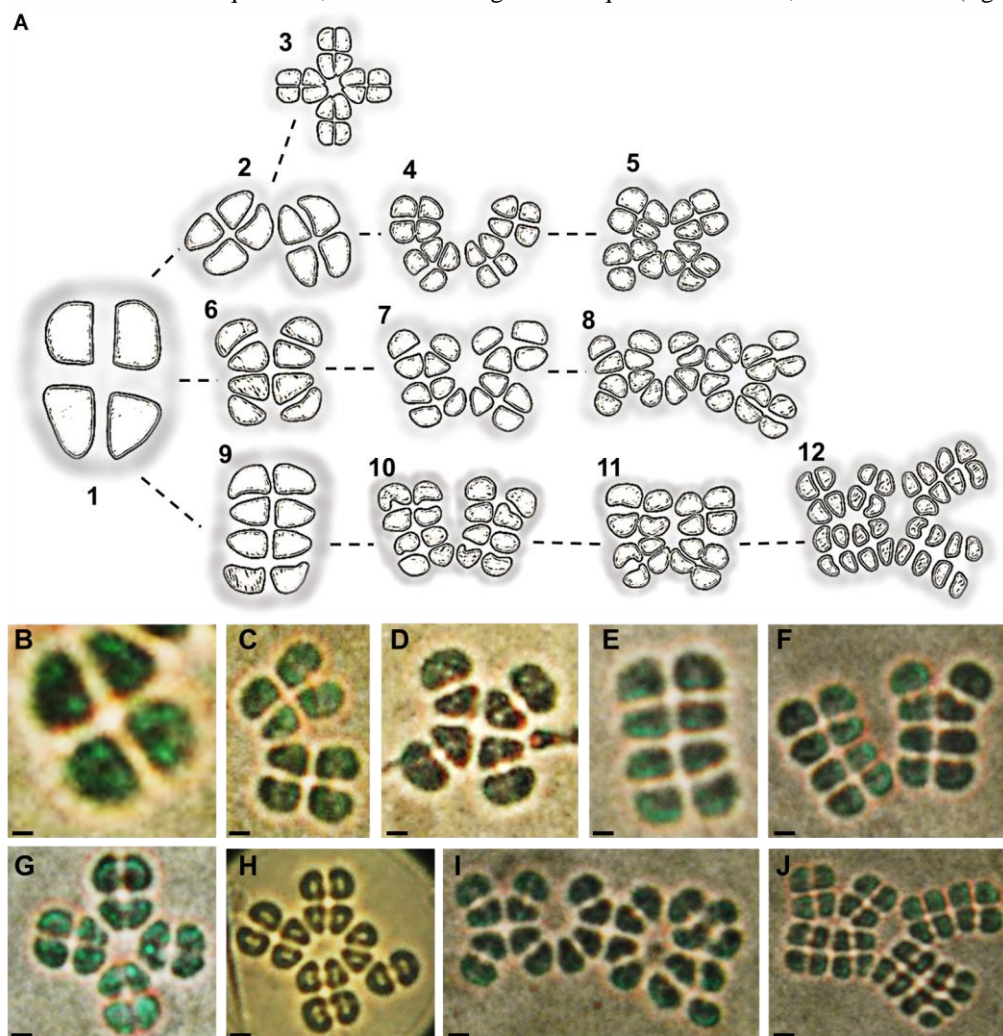


Fig. 3. Formación de colonias A1-12), B a J) ejemplares de *Cyanotetras crucigenielloides* var. mexicana nov. var. del Lago de Catemaco (este trabajo). —1 µm, en 40 x.

Colonias planctónicas microscópicas planas, constituidas por 4 a 32 células, agrupadas de forma cuadrangular, en filas paralelas, dispuestas radialmente o en forma arrosetada (fig. 3 A-J). La vaina mucilaginosa, desde apenas visible hasta evidente, fina, incolora, homogénea, delgada, con margen delimitada o difluente. Las células son ovides u ovals a casi triangulares (Fig. 3 A1 y B), que se dividen en dos ejes ordenándose en un plano; contenido celular homogéneo pálido, azul-verdoso; de 1.5-6.8 μm x 1.0-6.1 μm de diámetro (fig. 3 A-J). Doce formas en que se puede agrupar el cenobio (fig. 3 A1-12).

Distribución en el área de estudio: células observadas en el plancton de superficie y de medio fondo (figs. 3A-J) en todos los sitios de muestreo (1 a 11, fig. 1). Abundancia de 2.0×10^3 a 1.95×10^5 céls.L⁻¹.

Condiciones ambientales: profundidad de 0.9 a 5 m, transparencia de 0.42 a 0.86 m, temperatura de 20 a 29°C, pH de 6 a 9, nitritos de 0.0 a 2.4 μM , nitratos de 0 a 1 μM , amonio de 0.0 a 5.2 μM y ortofosfatos 0,3 a 16 μM .

Observaciones: difiere de la especie tipo, por presentar un mayor tamaño celular y una vaina hialina más amplia; se propone como nueva variedad.

Cyanotetras aerotopa (Komárek & Komárková-Legnerová, 2002) (figs. 4 A-E).

Referencias: (Komárek & Komárková-Legnerová, 2002).

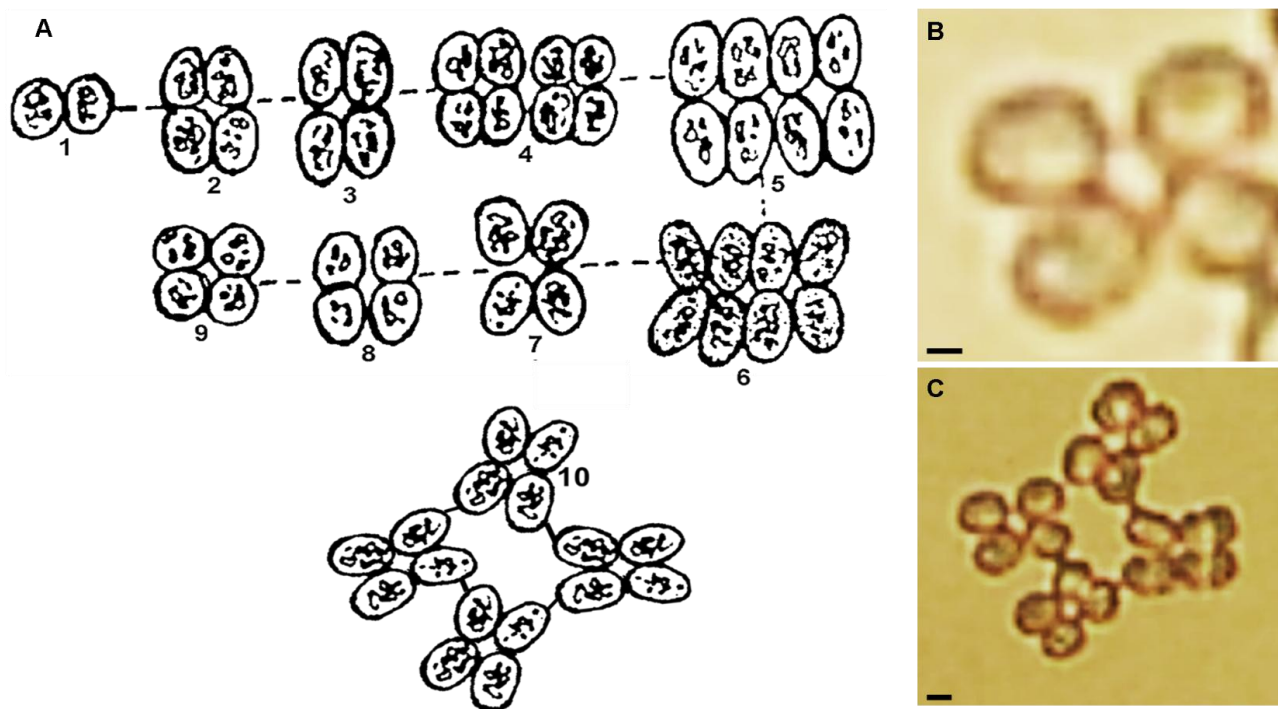


Fig. 4. A1-9): Formación de colonias (según (Komárek (según, Komárek & Komárková-Legnerová, 2002); A10, B y C) ejemplares de *Cyanotetras aerotopa* en el Lago de Catemaco (este trabajo). —1 μm en 40 y 10 x.

Colonias microscópicas, planas, constituidas por (2-4-8) a 16 células (fig. 4 A-C), agrupadas en filas paralelas, indistintamente o en forma radial, cuadrangular donde las células resultan ligeramente divergentes (Fig. 4 A 10, B y C). Vaina mucilaginosa fina, apenas visible. Células ovoides u ovales, con el eje mayor perpendicular al centro de la colonia, de 3.5-5.5 μm de largo; contenido celular de color pálido de azul-verdoso a amarillo-verdoso, con vesículas de gas que forman pequeños aerótopos (Komárek & Komárková-Legnerová, 2002).

Distribución en el área de estudio: en el plancton de la estación 11 (figs. 4 B- C); abundancia de 2.0×10^3 a 1.6×10^4 céls. L^{-1} .

Condiciones ambientales: profundidad: de 0.9 a 5 m; transparencia: 0.42 a 0.86 m; temperatura: de 20 a 28.7°C; pH de 6 a 9.4; nitritos: de 0.0 a 0.6 μM ; nitratos: de 0 a 1.1 μM ; amonio: de 0.1 a 1.8 μM y ortofosfatos: de 0.0 a 4.3 μM .

Distribución en México: en el Lago de Catemaco, Veracruz y estanques en Ciudad Valles, San Luis Potosí (Komárek & Komárková-Legnerová, 2002).

Observaciones: nuestros registros de temperatura y pH coinciden con los reportados por (Komárek & Komárková-Legnerová, 2002) (con una temperatura de 20 a 32 °C y un pH de 7.5 a 9.5), quienes citan a esta especie como rara en su material, tal como ocurrió durante este estudio.

DISCUSIÓN

Los primeros estudios sobre la composición fitoplanctónica en el Lago de Catemaco surgen con el estudio de (Suárez *et al.*, 1985) enfocándose en la diversidad y abundancia del plancton en un ciclo anual, posteriormente en Komárková-Legnerová & Tavera (1996) realizaron un estudio de la comunidad de cianobacterias, (Tavera & Castillo, 2000) en un estudio de la comunidad fitoplanctónica reportan por primera vez el género *Cyanotetras* para el lago de Catemaco, (Komárek & Komárková-Legnerová, 2002), identifican por primera vez la especie de *C. aerotopa* hasta la fecha no se había vuelto a reportar la especie. En este estudio se reportan por primera vez dos especies y una nueva variedad del género *Cyanotetras*, nuestros resultados de este estudio aportan nuevo conocimiento sobre el género. *Cyanotetras* se caracterizan por ser colonias constituidas por entre 2 y 32 células (Hindák, 1988; Komárek, 1995; Komárek & Anagnostidis, 1999; Komárek & Komárková-Legnerová, 2002).

Cyanotetras fusca y *C. aerotopa*, forman colonias de 2 a 16 células redondeadas u ovalada, diferenciadas por su forma de agregación celular, *C. fusca*, se organiza en colonias redondeadas u ovalado rodeadas con una amplia vaina mucilaginosa, y en *C. aerotopa* las células se agrupan en cuatro paquetes, cada uno constituido por cuatro células hasta formar colonias de forma de cuadrado a rectangular y la vaina es apenas visible. En el caso de *C. aerotopa* Komárek & Komárková-Legnerová (2002) reportan colonias de 2 a 8 células en forma de cuadrado, en este estudio se observa que *C. aerotopa* puede formar colonias de hasta 16 células en forma rectangular (Tabla 1).

En el caso de *C. crucigenielloides* y *C. crucigenielloides* var. *mexicana* forman colonias de 4 a 32 células (Komárek J., 1995), las células de *C. crucigenielloides* var. *mexicana* son ligeramente alargadas e irregularmente ovoides u ovales, hasta casi triangulares, constituyendo colonias cuadrangulares, en filas paralelas, o indistintamente radiales o arrosadas y la vaina es más tenue y difluente, en *C. crucigenielloides* apenas visible y la forma de las agregaciones de las células son cuadrangulares o rectangulares debido al número de células que conforman la colonia, en este estudio se encontraron colonias hasta 16 células, no coincidiendo por lo reportado por Komárek J. (1995) quien reporta hasta 32 células (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de características de las cuatro especies de *Cyanotetras*. 1 (Hindák, 1988); 2 (Komárek, 1995); 3 (Komárek & Komárková-Legnerová, 2002); 4 este estudio.

	<i>C. fusca</i> ¹	<i>C. crucigenielloides</i> ^{2,4}	<i>C. crucigenielloides</i> var. <i>mexicana</i> ⁴	<i>C. aerotopa</i> ^{3,4}
Forma de la colonia	rectangulares	cuadrangular	cuadrangular, en filas paralelas, radial o arrosetado	cuadrangular, rectangulares
Número de células en la colonia	2-4 a 16	4-8-16 a 32	4-8- 16-24 a 32	2-4-8 a 16
Forma de las células	ovoide u oval	ovoide u oval	ovoide a casi triangulares	casi esféricas, ovoide u oval, ligeramente divergentes
Tamaño de las células	1.5-2.5 x 1.2-1.8 µm	1.5-2.8 µm x 1.0-2.4 µm	1.5-6.8 µm x 1.0-6.1 µm	4.0-5.5 µm de longitud
Vaina mucilaginosa	amplia, esférica a oval, homogénea	finas, apenas visible, homogénea	algo tenue a difluente	finas, incolora
Vesículas de gas	ausente	ausente	ausente	presente

Por otro lado, *C. crucigenielloides* var. *mexicana* presenta diferentes agregaciones en la formación de las colonias, estrategia por la que probablemente fuera una de las especies abundante ($2.0 \times 10^3 - 1.65 \times 10^5$ céls.L⁻¹) en el fitoplancton del Lago de Catemaco. En tanto, *C. aerotopa* y *C. crucigenielloides* fueron especies poco abundantes ($2.0 \times 10^3 - 1.6 \times 10^4$ céls.L⁻¹), reportadas anteriormente por Komárek, (1995); Komárek & Komárková-Legnerová, (2002); Komárek, (2003); Jong-Geun, (2012).

No se conocen con exactitud las condiciones óptimas para el crecimiento de *C. crucigenielloides* y *C. aerotopa*, especies poco frecuentes en sistemas eutróficos. Si bien las aguas residuales crudas de la ciudad de Catemaco no se descargan en el lago, las fuertes lluvias provocan el desborde del sistema de alcantarillado causando el enriquecimiento de sus aguas (Esquivel *et al.*, 2009), provocando que el sistema pase de mesotrófico a eutrófico (Esquivel *et al.*, 2016). *C. crucigenielloides* var. *mexicana* fue hallada en todos los sitios de muestreo, resultando la especie más abundante.

CONCLUSIONES

Aquí presentamos una descripción amplia de las especies de *Cyanotetras* y una propuesta de una forma para revalorar los caracteres taxonómicos y utilizar análisis moleculares y microscopía electrónica para confirmar pudiera ser una nueva variedad o especie. Se puede concluir que *Cyanotetras aerotopa* y *C. crucigenielloides* se observaron en el Lago de Catemaco como especies poco abundantes, a diferencia de *C. crucigenielloides* var. *mexicana* la cual resultó ser abundante, desarrollándose en forma óptima en condiciones de eutrofia. También se observó que este taxón puede presentar diferentes formas de agregación de las células para formar colonias, por lo que queda por determinar si esta estrategia tiene algún valor adaptativo y le permite enfrentar los cambios a las condiciones ambientales que prevalecen en el lago.

AGRADECIMIENTOS

IGL agradece al IPN (proyecto SIP2019027 2 y es becario COFAA). A dos revisores anónimos por sus valiosos comentarios y sugerencias que contribuyeron a precisar las opiniones vertidas en este artículo.

LITERATURA CITADA

- Esquivel, A, R. Soto-Castor, G. Figueroa-Torres, J.L. Moreno-Ruiz & BRE. Torres-Orozco. 2009. Diagnóstico del estado trófico y de la calidad bacteriológica del agua, sedimento y caracol (*Pomacea patula catemacensis*) del lago de Catemaco. En: Ayala-Pérez L., R. Gío-Argáez & N. Trigo-Boix (eds.), Contribuciones Metodológicas al Conocimiento de los Recursos Naturales]. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM, Sociedad Mexicana de Historia Natural. p. 71-83.
- Esquivel, A., A. Barani, M. Macek, R. Soto-Castor & C. Bulit. 2016. The trophic role and impact of plankton ciliates in the microbial web structure of a tropical polymictic lake dominated by filamentous cyanobacteria. *J. Limnol.* 75(s1): 93-106.
- Guiry, M.D & GM. Guiry. Algaebase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway [online]. Disponible en: <http://www.algaebase.org> [Acceso: el 9 de enero 2019].
- Hasle, G.R. 1978. "Using the inverted microscope". En: Sournia, A. (Eds.) *Phytoplankton Manual*. UNESCO, Paris. 337 pp.
- Hindák, F. 1988. Contribution to the taxonomy of some cyanophyte genera. - *Preslia Praha* 60: 289-308.
- Komárek, J. 1995. Studies on the Cyanophytes (Cyanoprokaryotes) of Cuba 10. New and little known Chroococcalean species. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 30: 81-90.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis. 1999. "Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales". En: ETTL, H., G. Gärtner, H. Heynig & D. Mollenhauer. (Eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/1, Gustav Fischer, Jena-Stuttgart-Lübeck-Ulm. 548 pp.
- Komárek, J. & J. Komárková-Legnerová. 2002. Contribution to the knowledge of planktic cyanoprokaryotes from central Mexico. *Preslia Praha.* (7 4): 207- 233.
- Komárek, J. 2003. Coccoid and colonial cianobacteria. En Wehr J.D. & R.G. Sheath (Eds.), *Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification*. Academic Press, New York. 59-116.
- Komárek, J., J. Kaštovský, J. Mareš & J.R. Johansen. 2014. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia Praha* 86: 295–335.
- Komárková-Legnerová, J. & R. Tavera. 1996. Cyanoprokaryota (Cyanobacteria) in the phytoplankton of Lake Catemaco (Veracruz, Mexico). *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie*, 83: 403-422.
- Llorente, A. & S. Seoane. 2020. Changes in the phytoplankton community structure in a monomictic temperate lake. *Limnetica*, 39(1): 469-485.
- López-Adrián, S.J., R.C. Barrientos-Medina, R. Tavera & E. Novelo. 2017. Ficoflora de la zona urbana y conurbada de Yucatán. En: López-Adrián, S.J. & E. Novelo-Maldonado. (Eds.) *Microalgas de la Península de Yucatán*. Edición de la autora, Mérida. pp: 28-38.
- Lorán-Núñez, R.M., A.J. Valdez-Guzmán, F.R. Martínez-Isunza & Ma.T. Gaspar-Dillanes. Lago de Catemaco, Veracruz. 2013. En: Gaspar-Dillanes, M.T. & D. Aguilar-Montaño. *Pesquerías Continentales de México*, Ed. Primera, Publisher: Instituto Nacional de Pesca. pp.93-118.
- Novelo, E. & R. Tavera. 2011. Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. *Hidrobiológica* 21:333-341.
- Oliva-Martínez, M.G., J.L. Godínez-Ortega & C.A. Zuñiga-Ramos. 2014. Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Rev. Mex. Bio.*, Supl. 85: S54-S61.

Recibido:
28/marzo/2020

Aceptado:
16/enero/2021

- Osorio-Sánchez, J.J. & R. López-Pérez. 2005. Diversidad y distribución del fitoplancton de la laguna El Balsón, Tabasco, México. Tesis de licenciatura. Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Jong-Geun, P. 2012. Algal Flora of Korea. Volume 5, Number 1. Cyanophyta: Cyanophyceae: Chroococcales, Oscillatoriales. Freshwater Cyanoprokaryota. Ed. National Institute of Biological Resources, Ministry of Environment. pp. 71.
- Pérez-Rojas, A. & R. Torres-Orozco. 1992. Geomorfología y batimetría del lago de Catemaco, Veracruz, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nac. Autón. Mexico, 19: 17-22.
- Pérez-Rojas, A., R.B. Torres-Orozco & A.Z. Márquez-García. 1993. Los sedimentos recientes del lago de Catemaco, Veracruz. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nac. Aután. México. 20:67-76.
- Stoyneva-Gärtner, M.P. & J.-P. Descy. 2018. Cyanoprokaryote and algal biodiversity in the tropical Lake Edward (Africa) with notes on new, rare and potentially harmful species. Annual of Sofia University, Faculty of Biology, Book 2-Botany, 102, pp. 1–28.
- Suárez-Morales, E., M.L. Segura & M.A. Fernández. 1985. Diversidad y abundancia del plancton en la laguna de Catemaco, Veracruz, durante el ciclo anual. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nac. Aután. México. 13: 313–316.
- Tavera, R. & S. Castillo. 2000. An eutrophication-induced shift in the composition, frequency and abundance of the phytoplankton in Lake Catemaco, Veracruz, Mexico. En: Munawar, M., S.G. Lawrence, I.F. Munawar D.F. Malley, (eds), Aquatic Ecosystems in Mexico: Status and Scope, Ecovision World Monograph Series. Backhuys Publ., Leiden, The Netherlands: 103–117.
- Torres-Orozco, R.E. & A. Pérez-Rojas. 1995. El lago de Catemaco. En De la Lanza E. y J.C. García. Lagos y presas de México. Centro de Ecología y Desarrollo. Primera Edición, pp155-175.
- Water Analysis Handbook. 2019. HACH. [online]. www.hach.com/water-analysishandbook-5th-edition. [Acceso: enero del 2019].