
FITOPLANCTON DE LA LAGUNA DEL CARPINTERO, TAMPICO, TAMAULIPAS, MÉXICO

Lilia Crisóstomo-Vázquez, Claudia Alcocer-Morales, Cruz Lozano-Ramírez y
Mónica Cristina Rodríguez-Palacio

RESUMEN

La Laguna del Carpintero es un humedal estuarino, con 90,4ha. de espejo de agua, localizada en el centro de la ciudad de Tampico, Tamaulipas, México, entre los 22°15' a 22°14'N y los 97°52' a 97°52'O. Actualmente alberga diferentes especies bajo protección especial. El objetivo de este trabajo fue analizar la composición y variación de las comunidades fitoplanctónicas durante un ciclo anual, así como también establecer cultivos. Los muestreos se realizaron cada dos

meses, utilizando botellas de Van Dorn. Las muestras fueron fijadas con acetato de lugol 4% y los cultivos se establecieron mediante la técnica de diluciones seriadas y aislamiento con micropipetas. Los principales grupos presentes fueron cianobacterias, dinoflagelados, euglenofitas, clorofitas, crisofitas y bacilariofitas, siendo el grupo de las clorofitas el predominante en marzo y agosto, mientras que el resto del año lo fueron las bacilariofitas.

Introducción

Los humedales son “superficies con espejos de agua tanto naturales como artificiales, permanentes, estacionales, lénticos o lóxicos, dulces, salobres o salados; donde se incluyen también a las extensiones de agua marina cuyas profundidades en bajamar no sobrepasan los seis metros” (Abarca, 2001; Ramsar, 2004). Estos cuerpos de agua con una elevada productividad (Day *et al.*, 1989; Riley y Chester, 1989; Flores Verdugo, *et al.*, 1990; Abarca, 2001; Contreras y Castañeda, 2004) presentan cambios considerables en sus procesos biogeoquímicos debido al papel fundamental que juegan los organismos autótrofos del fitoplancton, ya que transforman rápidamente elementos inorgánicos a orgánicos que sustentan el desarrollo y crecimiento de organismos

heterótrofos (Smayda, 1980; Day *et al.*, 1989; Cloern, 1996; Contreras, 2001). La composición de la comunidad fitoplanctónica responde a las variaciones en las condiciones ambientales; por ejemplo, el aporte de agua a través de los ríos con material alóctono, estimula el crecimiento fitoplanctónico y la mezcla de las aguas, favoreciendo la productividad en el sistema (Santoyo, 1994; Escobedo-Urías, 1997; Cloern, 2001). La identificación de la estructura de la comunidad de fitoplancton y su relación con las variables ambientales del sistema son esenciales para comprender procesos de eutrofización o la formación de florecimientos algales nocivos (Haellegraeff, 1993; Fogg, 2002; Sar *et al.*, 2002; Rodríguez-Palacio *et al.*, 2011).

El fitoplancton fija la energía solar por fotosíntesis, empleando el CO₂, nutrientes y

metales traza (Smayda, 1980; Riley y Chester, 1989; Santoyo, 1994). Este grupo está constituido principalmente por organismos fotoautotróficos que corresponden en su mayoría al primer eslabón de la trama trófica (Marshall, 1987; Ulloa-Pérez, 2005). No obstante su importancia, existen a la fecha muy pocos estudios sobre el fitoplancton de la Laguna del Carpintero. Esta laguna, es un humedal de agua estuarina que en los últimos años ha tomado mayor importancia en el sector turístico y se ha reconocido su alto valor paisajístico y ambiental (Sánchez y Batres, 2006a, b; Batres-González, 2008; Batres-González *et al.*, 2010). Ortiz-Rosales (1997) reportó que el grupo de microorganismos fitoplanctónicos mejor representado en un ciclo anual fue el de las crisofitas, tanto en riqueza como en abundancia relativa,

seguida por los grupos de clorofitas, cianobacterias, euglenofitas y dinoflagelados. Adicionalmente, Morales-Cruz (1985) mencionó la presencia de 30 especies pertenecientes a 28 géneros, 17 familias, 11 órdenes, 4 clases y 4 divisiones, reportando 12 especies de clorofitas, 8 de crisofitas, 7 de cianobacterias y 3 de dinoflagelados.

En el presente trabajo se realizaron muestreos periódicos para describir la variación estacional del fitoplancton conforme cambian las condiciones fisicoquímicas presentes en la laguna. Asimismo se establecieron cultivos de algunas de las especies presentes como referencia para estudios posteriores y para el incremento de la colección de cultivos del Laboratorio de Ficología Aplicada, de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

PALABRAS CLAVE / Cultivos / Fitoplancton / Laguna del Carpintero / Tampico /

Recibido: 31/07/2014. Modificado: 11/01/2016. Aceptado: 12/01/2016.

Lilia Crisóstomo-Vázquez.

Estudiante de Doctorado en Tecnología Avanzada, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), Altamira. Instituto Politécnico Nacional (IPN), México.

Claudia Alcocer-Morales.

Licenciatura en Hidrobiología

y estudiante de la Especialidad en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa UAM-I, México.

Cruz Lozano-Ramírez. Licenciatura en Biología y Maestría en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México UNAM. Profesor Investigador, UAM-I, México.

Mónica Cristina Rodríguez-Palacio.

Licenciatura en Hidrobiología, y Maestría en Biología, UAM-I, México. Profesora Investigadora, UAM-I, México. Dirección: Laboratorio de Ficología Aplicada, Departamento de Hidrobiología, UAM-I. Av. San Rafael Atlixco 186 Colonia

Vicentina, Delegación Iztapalapa. Apartado Postal 55-535. C. P. 09340, México. e-mail: mony@xanum.uam.mx

PHYTOPLANKTON FROM THE CARPINTERO LAGOON, TAMPICO, TAMAULIPAS, MEXICO

Lilia Crisóstomo-Vázquez, Claudia Alcocer-Morales, Cruz Lozano-Ramírez and Mónica Cristina Rodríguez-Palacio

SUMMARY

The Carpintero Lagoon is a wetland estuary, with 90.4ha of water surface, located in the center of the city of Tampico, Tamaulipas, Mexico, between 22°15' - 22°14'N and 97°52' - 97°52'W. Currently it contains several species under protection. The aim of this study was to analyze the composition and variation of phytoplankton communities during an annual cycle, as well as the establishment of microalgal cultures. Samples were

taken every two months, using Van Dorn bottles. Samples were fixed with Lugol acetate 4% and cultures were established by serial dilution techniques and micropipettes. The principal groups found were cyanobacteria, dinoflagellates, euglenophyta, chlorophyta and bacillariophyta. Chlorophyta was the predominant group in March and August, while bacillariophyta was the most abundant group.

FITOPLANCTON DA LAGOA DO CARPINTERO, TAMPICO, TAMAULIPAS, MÉXICO

Lilia Crisóstomo-Vázquez, Claudia Alcocer-Morales, Cruz Lozano-Ramírez e Mónica Cristina Rodríguez-Palacio

RESUMO

A Lagoa do Carpintero é uma zona úmida estuarina, seu espelho de água tem 90,4ha, está localizada no centro da cidade de Tampico, Tamaulipas, México, entre os 22°15' a 22°14'N e os 97°52' a 97°52'O. Atualmente abriga diferentes espécies sob proteção especial. O objetivo deste trabalho foi analisar a composição e variação das comunidades fitoplanctônicas durante um ciclo anual, assim como também estabelecer cultivos. As amostragens foram realizadas cada

dois meses, utilizando garrafas de Van Dorn. As amostras foram fixadas com lugol acético 4% e os cultivos se estabeleceram mediante a técnica de diluições seriadas e isolamento com micropipetas. Os principais grupos presentes foram cianobactérias, dinoflagelados, euglenófitas, clorófitas, crisófitas e bacilariófitas, sendo predominante o grupo das clorófitas em março e agosto, enquanto que as bacilariófitas predominaram o resto do ano.

Área de Estudio

La Laguna del Carpintero se localiza en el estado de Tamaulipas, México, en la cuenca del Río Pánuco entre los 22°15'-22°14'N y los 97°52'-97°52'O (Figura 1), en el centro de la ciudad de Tampico. La laguna recibe aportes de aguas salobres provenientes del río Pánuco a través del canal de 'La Cortadura' y de agua dulce a través de escurrimientos pluviales por los canales 'Negro' y 'Santo Niño', y posiblemente por las corrientes subterráneas del sistema lagunar de la zona (Martínez del Ángel, 2005). Ha tolerado diferentes procesos de degradación, tales como rellenos, desecaciones, extracción de recursos y contaminación urbana, materia orgánica y aguas negras provenientes de los descargas pluviales y asentamientos humanos irregulares sin drenaje (Martínez del Ángel, 2005; Sánchez y Batres-González 2006 a, b; Batres-González *et al.*, 2010). Tiene en promedio 2000m de longitud, 400m de ancho y 1,2-1,7m de profundidad, siendo en total un espejo de agua de 90,4ha con un perímetro de

~5,100m (Ortiz-Rosales, 1997). La circulación del agua es ocasionada principalmente por mareas y vientos. Alberga especies temporales como aves migratorias, entre ellas el Ibis blanco (*Eudocimus albus*), y algunas especies residentes bajo protección, como el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) y la iguana (*Iguana iguana*), así como tres especies de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), negro (*Avicennia germinans*) y blanco (*Laguncularia racemosa*) (Batres-González, 2008; Batres-González *et al.*, 2010). En los últimos años, este cuerpo de agua ha tomado mayor importancia en el sector turístico y se le ha reconocido su alto valor paisajístico y ambiental; actualmente está prohibida la pesca y el contacto directo con el agua (Sánchez-González 2007).

Materiales y Métodos

Trabajos en campo

Las colectas de agua se realizaron en tres estaciones situadas al norte de la laguna (Figura 1) durante un ciclo anual, cada dos meses en

el año 2007. Se empleó una botella Van Dorn de toma horizontal de 3 litros de capacidad, y se fijaron 250ml de la muestra con acetato de lugol al 4% para identificación y conteo (Popowski y Borrero, 1989).

Se conservaron 100ml de muestra de botella a temperatura de 25°C con fines de cultivo. Para medir la concentración de la clorofila-a, las muestras de agua se filtraron usando filtros de celulosa de 0,45µm de poro, los cuales se mantuvieron a -20°C hasta su lectura. La

extracción de la clorofila se hizo por medio de acetona al 100% y posteriormente se leyó con un espectrofotómetro de luz visible siguiendo la técnica 446,0 de la EPA, la cual emplea la fórmula de Jeffrey y Humphrey (1975) (Arar y Collins, 1997). Se calculó la eutrofización empleando el índice de Carlson, modificado por Contreras *et al.* (1994). Los factores registrados *in situ* fueron salinidad, que se midió con un refractómetro manual, temperatura y oxígeno disuelto medidos con una

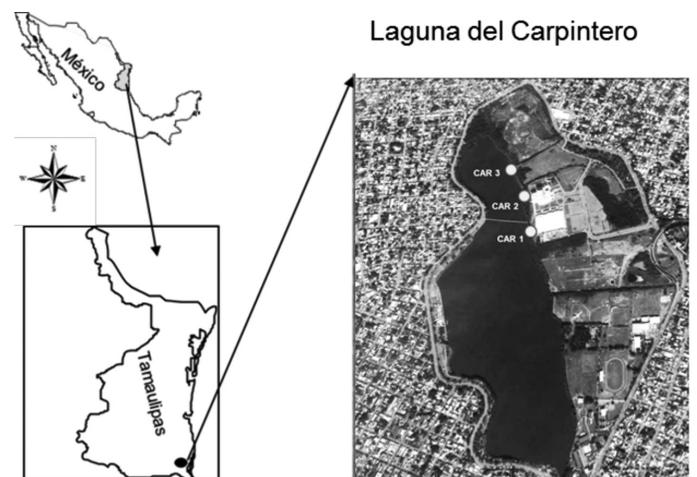


Figura 1. Ubicación de la laguna del Carpintero.

sonda marca HACH modelo 58258-00, y pH con un potenciómetro de campo digital HM. Se conservó la muestra congelada para medir la concentración de nitrógeno, fósforo y sólidos suspendidos totales de acuerdo a los lineamientos de las normas oficiales mexicanas (NXM-AA-094 SCFI, 1985; NMX-AA-024 SCFI, 2001 y NMX-AA-034 SCFI, 2001).

Identificación de especies

La identificación de las especies se llevó a cabo utilizando literatura especializada (Margain-Hernández, 1989; Round *et al.*, 1990; Licea *et al.*, 1995; Van den Hoek *et al.*, 1995; Tomas, 1997; Komárek y Jankovská, 2001; Komárková y Tavera, 2003; Wehr y Sheath, 2003). Los conteos se hicieron en una cámara de Sedgwick Rafter en un microscopio invertido marca Zeiss (Arredondo-Vega y Voltolina, 2007).

Establecimiento de cultivos

Las muestras se concentraron por filtración pasiva y los cultivos se establecieron mediante las técnicas de diluciones seriadas y aislamiento con micropipetas (Arredondo-Vega y Voltolina, 2007; Rodríguez-Palacio *et al.*, 2011). Los medios de cultivo fueron el F/2 (Guillard y Ryther, 1962; Guillard, 1975) y el Provasoli (P; Andersen *et al.*, 1997) preparados con agua salobre pre-filtrada y esterilizada. Los cultivos clonales se mantuvieron en ciclos de luz:oscuridad de 12:12 a 22°C con una radiación de 90,5 μmol·m⁻²·s⁻¹, sin agitación.

Resultados

Variables físicas y químicas

En la Tabla I se observan los valores de temperatura superficial, que oscilaron de 22,7 a 32,4°C con mínimos durante marzo y máximos en agosto. Para salinidad, el valor máximo se registró en junio con 17,0 ups y el mínimo de 0,7 ups en noviembre. Las concentraciones más altas se registraron durante mayo y junio y las mínimas en agosto y noviembre. El pH medio se mantuvo alrededor de 8,6 a lo largo del año (Tabla I). La concentración de O₂ disuelto superficial en los muestreos presentó concentraciones de 6,4 a 14,2 mg·l⁻¹, registrándose el valor mínimo durante agosto y el máximo en enero.

Los valores de sólidos suspendidos totales (SST) presentaron un máximo en marzo con 84 mg·l⁻¹ mientras que en agosto fue de 5 mg·l⁻¹ (Tabla II). En cuanto a los nutrientes, el nitrógeno total prácticamente se mantuvo en 0,5 mg·l⁻¹ excepto en enero y noviembre, con valores de 1,0 y 1,6 mg·l⁻¹, respectivamente. El fósforo total aumentó durante los meses de mayo y junio, registrando un mínimo para el mes de agosto con 0,1 mg·l⁻¹.

La concentración de clorofila a superficial varió entre 13,12 y 117,81 mg m⁻³, con el máximo registrado en el mes de noviembre y los mínimos en mayo y agosto. Con base en los resultados del índice trófico (IT) siguiendo lo propuesto por Carlson (1977), se ubica la laguna como un ambiente eutrófico, con valores promedio de 64,84 (Tabla III).

En cuanto a la diversidad del fitoplancton se reportan 10

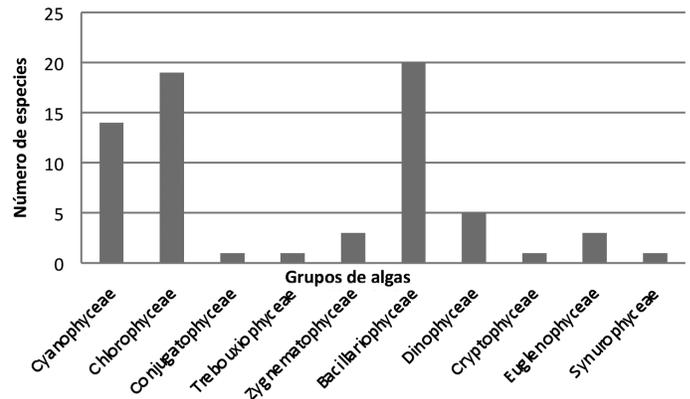


Figura 2. Número de especies por cada grupo reportado.

TABLA II
VALORES PROMEDIO DE LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

Fecha	PT (mg·l ⁻¹)	NT (mg·l ⁻¹)	SST (mg·l ⁻¹)	NO ₃ (mg·l ⁻¹)	Clorofila-a (mg m ⁻³)
Enero	0,2	1,1	28	0,66	57,39
Marzo	0,2	0,5	84	0,23	50,02
Mayo	0,3	0,5	51	0,28	13,38
Junio	0,3	0,5	56,5	0,2	21,02
Agosto	0,1	0,5	5	0,02	13,12
Noviembre	0,1	1,6	54,4	0,67	117,81

TABLA III
VALORES PROMEDIO DE CLOROFILA-A E ÍNDICE DEL ESTADO TRÓFICO

Fechas de muestreo	Valores promedio de clorofila-a (mg·m ⁻³)	IT (Índice trófico)
Enero	57,39	70,32
Marzo	50,02	68,97
Mayo	13,38	56,04
Junio	21,02	60,47
Agosto	13,12	55,85
Noviembre	117,81	77,38
Promedio		64,84
Desv Estándar		8,74

Clases, con un total de 68 especies (Figura 2, Tabla IV), cuya distribución y abundancia varió dependiendo el periodo de muestreo (Figura 3).

Cultivos

Se establecieron cultivos clonales de las Clases Bacillariophyceae (*Coscinodiscus lacustris*), Cyanophyceae (*Microcystis aeruginosa*; Figura 4d; *Aphanizomenon* sp.; Figura 4e), Chlorophyceae (*Chlorella vulgaris*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Desmodesmus quadricauda*), Conjugatophyceae (*Staurastrum gracile*), Trebouxiophyceae (*Oocystis lacustris*) y Zygnemmatophyceae (*Closterium aciculare*).

Las clases con mayor diversidad fueron Bacillariofita, seguido de Clorofita y Cianobacterias, siendo las Clorofitas más diversas y abundantes en los meses de marzo y agosto, mientras en el resto del año predominaron las Bacillariofitas (Figura 3).

Discusión

El listado florístico de la laguna realizado por Morales-Cruz (1985), enlista 30 especies, pertenecientes a 28 géneros y cuatro clases. En un trabajo posterior Ortiz-Rosales (1997) obtuvo un total de 178 taxa. Los datos difieren entre sí y con los obtenidos en el presente estudio, donde se

TABLA I
PROMEDIOS BIMENSUALES DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS *In Situ* EN LA LAGUNA DEL CARPINTERO

Fecha	ups	pH	trans (cm)	O ₂ (mg·l ⁻¹)	T (°C)
Enero	5,8	8,9	45,3	14,2	23,0
Marzo	8,3	8,7	24,7	7,1	22,7
Mayo	11,9	8,5	35,0	9,0	29,2
Junio	17,0	8,4	68,3	8,0	30,0
Agosto	2,6	8,2	96,7	6,4	32,4
Noviembre	0,7	9,0	29,3	13,0	27,2

TABLA IV
LISTADO DE TAXA IDENTIFICADOS DURANTE EL AÑO

Taxa	Temporada de muestreo					
	Ene	Mar	May	Jun	Ago	Nov
Cyanophyceae						
<i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngby) Breb. ex Bornet y Flahault					X	X
<i>Anabaenopsis circularis</i> (G.S. West) Wol et. Mill						X
<i>Aphanizomenon</i> sp. Morren ex Bornet et Flahault					X	X
<i>Aphanocapsa</i> sp. Nägeli					X	X
<i>Coelosphaerium</i> sp. Nägeli						X
<i>Cylindrospermopsis</i> sp. Seenayya et Subba Raju						X
<i>Lyngbya</i> sp. Agardh ex Gomont	X					X
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	X			X		X
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.					X	X
<i>Microcystis flos-aquae</i> (Witttr.) Kirch.	X					X
<i>Microcystis</i> sp. Kützing	X					X
<i>Oscillatoria</i> sp. Vaucher ex Gomont						X
<i>Pseudaanabaena</i> sp. Lauterborn		X				X
<i>Spirulina major</i> Kützing ex Gomont	X					X
Chlorophyceae						
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs			X	X		X
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> P.A. Dangeard		X	X			
<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck (Beijerinck)	X	X	X	X	X	X
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris		X			X	X
<i>Coelastrum microporum</i> Naeg.			X	X		X
<i>Crucigenia</i> sp. Morren		X			X	
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch) W. West y G.S. West		X		X	X	X
<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) S.S. An, T. Friedl y E. Hegewald			X			X
<i>Desmodesmus quadricauda</i> (Turpin) Hegewald	X	X	X	X	X	X
<i>Kirchneriella obesa</i> (G.S. West) West y G.S. West		X	X		X	
<i>Kirchneriella subsolitaria</i> G.S. West		X		X		
<i>Monoraphidium</i> sp. Komárková-Legnerová	X	X	X			
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	X	X	X			
<i>Pandorina morum</i> (O.F. Müller) Bory de Saint-Vincent in Lamouroux, Bory de Saint-Vincent y Deslongs champs				X	X	
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen		X		X	X	
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen		X		X	X	
<i>Scenedesmus bijugus</i> (Turp.) Kütz.		X	X	X	X	
<i>Scenedesmus</i> sp. Meyen	X	X	X	X		
<i>Tetraedron trigonum</i> (Nägeli) Hansgirg		X				X
Conjugatophyceae						
<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs ex Ralfs		X			X	X
Trebouxiophyceae						
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat						X
Zygnematophyceae						
<i>Closterium diana</i> Ehrenberg ex Ralfs					X	X
<i>Closterium aciculare</i> T. West						X
<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs	X					X
Bacillariophyceae						
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	X					
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müller) T. Marsson		X		X		X
<i>Chaetoceros gracilis</i> Schütt.		X		X		
<i>Chaetoceros</i> sp. Ehrenberg		X		X		
<i>Coscinodiscus lacustris</i> Grunow		X				X
<i>Coscinodiscus</i> sp. Ehrenberg		X		X		X
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	X	X			X	
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann J.C. Lewin	X	X		X		
<i>Halamphora costata</i> (W. Smith) Levkov	X		X			
<i>Melosira granulata</i> (Ehrenberg)	X	X		X		
<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müller) C. Agardh		X		X		
<i>Fragilaria</i> sp. Lyngbye	X			X		
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	X	X		X		X
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith		X			X	
<i>Nitzschia</i> sp. Hassall			X			X
<i>Pleurosigma</i> sp. W. Smith, 1852		X		X		X
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	X	X				
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	X			X		
<i>Stephanopyxis turris</i> (Greville) Ralfs	X					
<i>Synedra</i> sp. Ehrenberg			X			X
Dinophyceae						
<i>Cystodinium cornifax</i> (Schilling) Klebs	X					
<i>Glennodinium</i> sp. Ehrenberg	X					
<i>Gymnodinium</i> sp. Stein		X	X	X		
<i>Gyrodinium</i> sp. Kofoid y Swezy		X	X	X		
<i>Peridinium</i> sp. Ehrenberg	X	X				
Synurophyceae						
<i>Synura</i> sp.		X				
Cryptophyceae						
<i>Cryptomonas</i> sp. Ehrenberg			X	X	X	
Euglenophyceae						
<i>Euglena ehrenbergii</i> Klebs						X
<i>Euglena acus</i> (O.F. Müller) Ehrenberg					X	X
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenberg) Lemmermann					X	X

reportan 10 clases y 68 especies (Tabla V). Comparando estos estudios, separados por 10 años entre cada uno, cabe considerar que los cambios en el número de taxa reportados coinciden con las condiciones cambiantes de la laguna (Tabla VI), ya que para la fecha del presente estudio disminuyó el azolvamiento por el dragado de la laguna, reflejado esto en la transparencia, y además se presentaron cambios en la salinidad del ecosistema. Estos factores, aunados a la disponibilidad de los nutrientes (Tabla II) pudieron originar los cambios en la composición y abundancia del fitoplancton, tal como lo reportan algunos autores para otros cuerpos de agua (Gutiérrez-Mendieta *et al.*, 2006; Varona-Cordero y Gutiérrez-Mendieta, 2006; Martínez-López *et al.*, 2007).

Las especies del fitoplancton presentes en esta laguna afrontan la variabilidad ambiental y biótica con diferentes estrategias adaptativas. *D. quadricauda* y *C. vulgaris* se encontraron en todas las temporadas de muestreo y debido a que toleran los cambios ambientales (Rodríguez-Palacio *et al.*, 2011) no se pueden considerar como indicadoras para el monitoreo de las condiciones físico-químicas de la laguna. Otras especies como *Aphanizomenon* y *Microcystis* podrían servir como indicadores de la dinámica físicoquímica y ambiental de la laguna como lo reportan Mora-Navarro *et al.* (2006) para el lago de Chapala, México, en base a su presencia o ausencia en los muestreos.

Los valores de transparencia más altos se presentaron en los meses de junio y agosto (Tabla I). En junio predominaron las bacilariofitas y en agosto las clorofitas (Figura 3), siendo en este último mes donde se presentó el mayor número de especies, debido tal vez a que la transparencia trae como consecuencia una zona eufótica de mayor volumen en la que pueden desarrollarse más especies con diferentes requerimientos de radiación y

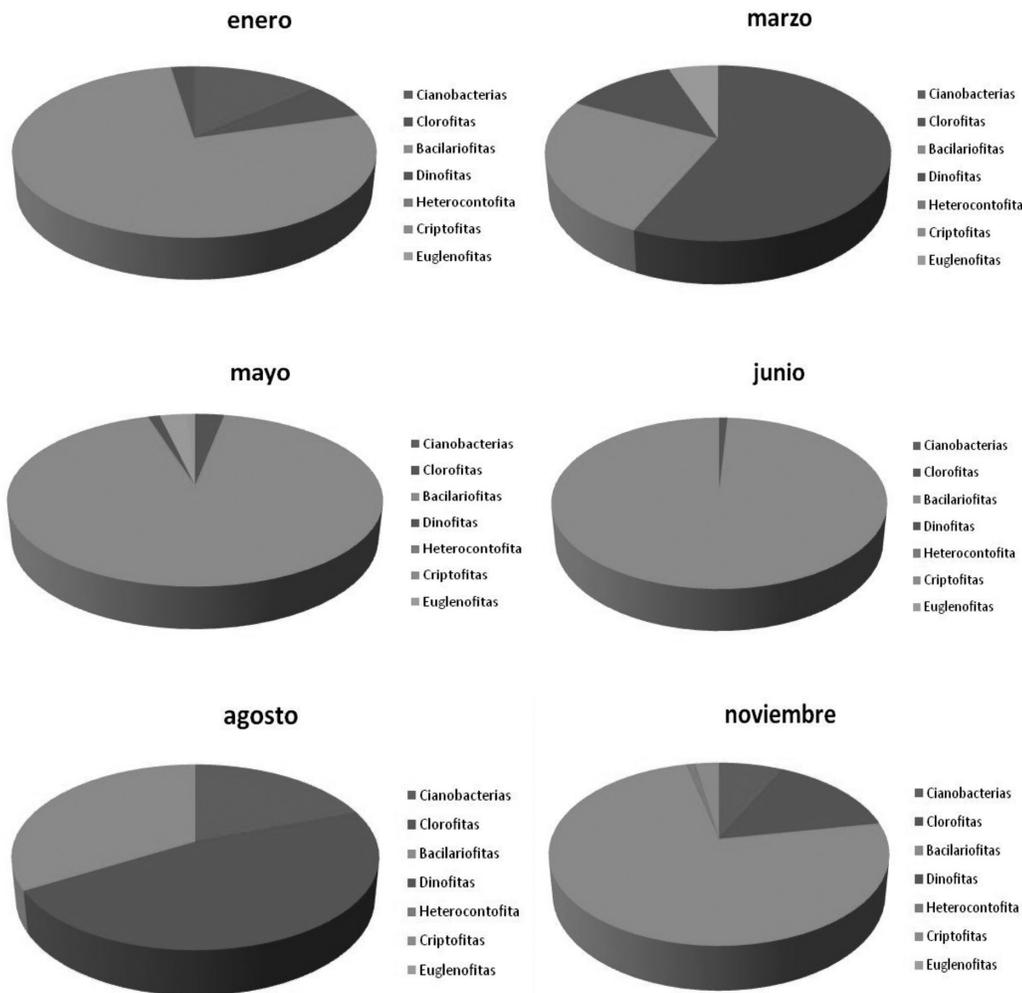


Figura 3. Presencia de los grupos más representativos en las temporadas de muestreo.

TABLA V
COMPARACIÓN DE PROMEDIOS OBTENIDOS EN LOS DIFERENTES ESTUDIOS

	Morales-Cruz (1985)	Ortiz-Rosales (1997)	Presente estudio (2007)
Divisiones	4	5	5
Clases	4	6	10
Géneros	28	138	52
Especies	30	178	69
Clorofita	12	67	24
Euglenofita	0	6	3
Dinoflagelados	3	4	5
Heterocontofitas	8	76	22
Cianobacteria	7	25	14

temperatura (Van den Hoek *et al.*, 1995; Wehr y Sheath, 2003; Campos-Trujillo y Mora-Navarro, 2006). Estos últimos autores afirman que la distribución del fitoplancton en la columna de agua está regida por varios factores, como son las diferentes capas de densidad, la profundidad a la cual penetra la luz del sol y los movimientos del agua. Sin

embargo, se considera que la distribución y presencia de las especies de fitoplancton en esta laguna está regida no solo por la transparencia sino por la salinidad, que fluctúa mucho a lo largo del año debido a que los aportes de aguas salobres provenientes del río Pánuco y de agua dulce a través de escurrimientos pluviales por los canales ‘Negro’ y

‘Santo Niño’ varían en flujo durante el año, favoreciendo la presencia de especies marinas como *Cylindrotheca closterium* y *Gyrodinium* sp. cuando las condiciones son salobres.

En cuanto a los sólidos suspendidos totales, en agosto se reportan valores bajos (5mg·l⁻¹), lo cual coincide con la transparencia registrada. Los nutrientes asimilables por el

fitoplancton, nitrógeno y fósforo, se mantuvieron constantes durante las temporadas de muestreo, con solo un ligero cambio en el fósforo que aumentó durante los meses de mayo y junio. Los nutrientes provenientes de descargas alóctonas y fluviales, así como de aguas negras mantienen activa la comunidad fitoplanctónica; sin embargo, consideramos que es la salinidad quien define la presencia o ausencia de algunos taxa. Se presentan especies de cianobacterias potencialmente tóxicas o nocivas en el mes de noviembre en condiciones ideales de pH 9 y de baja salinidad (Tabla I), por lo que se recomienda continuar monitoreando la zona de estudio.

El establecimiento de cultivos de nueve especies presentes en la laguna, además de representar un acervo genético, resulta de interés para estudios biotecnológicos, ya que son especies que como en el medio natural soportan cambios drásticos de radiación, temperatura y salinidad, se pueden adaptar fácilmente a cultivos masivos para la búsqueda de productos de interés comercial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a al Dr. Sergio Jiménez Hernández (CIDIPORT, Universidad Autónoma de Tamaulipas) por su apoyo con equipo para la realización de los muestreos, así como al proyecto Divisional “Cultivos de Microalgas, Usos Potenciales. Caribe y Golfo de México”, UAM-I, México.

REFERENCIAS

- Abarca J (2001) Definición e importancia de los humedales. En Abarca FJ, Herzig M (Eds.) *Manual para el Manejo y la Conservación de los Humedales en México*. 2ª ed. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP, Arizona Game & Fish Department, US Fish and Wildlife Service y Wetlands Internacional. 71pp.
- Andersen RA, Morton SL, Sexton JP (1997) CCMP-Provasoli-Guillard National Center for Culture of

TABLA VI
TABLA COMPARATIVA DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS
PROMEDIO EN UNA LÍNEA DE TIEMPO

	Morales-Cruz (1985)	Ortiz-Rosales (1997)	Presente estudio (2007)
Oxígeno (mg·l ⁻¹)	8,98	-	9,61
pH	7,7	8,4	8,61
Temperatura superficial (°C)	25-33	22-32	22-32
Transparencia (cm)			
Máxima	23,7	0,97	96,5
Mínima	7,7	0,22	24,7
Salinidad (ups)			
Máxima	27,7	20,5	11,9
Mínima	2,4	2	0,7
Nutrientes (mg·l ⁻¹)			
Fosfatos	-	0,1 - 1,22	0,1 - 0,3
Nitratos	-	0,2 - 0,959	-
Nitritos	-	0,1 - 0,95	-
Nitrógeno total	-	-	0,5 - 1-6
Amonio	-	-	0,02 - 0,67

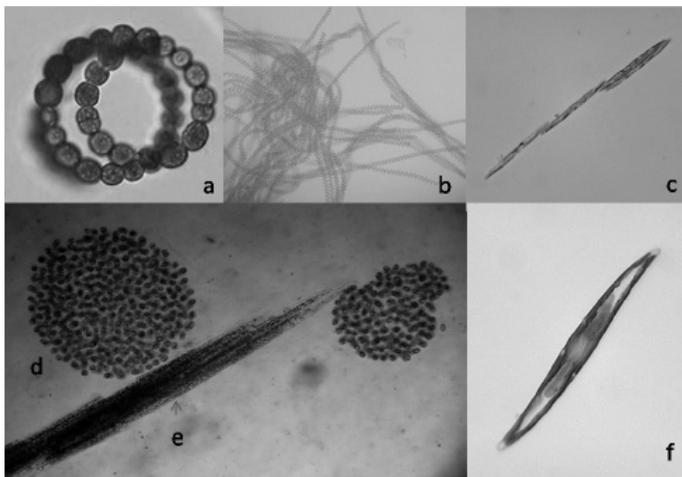


Figura 4. Microfotografías de microscopía de luz de algunas de las cianofitas y bacilariofitas más conspicuas. a *Anabaena flos aquae*, b: *Spirulina major*, c: *Bacillaria paxillifera*, d: *Microcystis aeruginosa*, e: *Aphanizomenon* sp., f: *Pleurosigma* sp.

Marine Phyto-plankton List of Strains. *J. Phycol.* 33 (Suppl.): 1-75.

Arar EJ, Collins GB (1997) In vitro Determination of Chlorophyll a and Pheophytin a in Marine and Freshwater Algae by Fluorescence. Method 445.0, Revision 1.2. National Exposure Research Laboratory. Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency.

Arredondo-Vega B, Voltolina D (2007) *Métodos y Herramientas Analíticas en la Evaluación de la Biomasa Microalgal*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. México. 97 pp.

Batres-González J (2008) La planificación de la Laguna urbana. Medio Idóneo en el aprovechamiento y

preservación de los recursos naturales. Caso laguna del Carpintero en Tampico, Tamaulipas (México). *Memorias II Congreso Internacional de Ingeniería Civil. Construyendo ciudades de alidad*. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México. pp. 113-115.

Batres-González J, Ortells-Chabrera V, Lorenzo-Palomara J (2010) Diseño y Ordenamiento de la dinámica urbana, medio ineludible en la preservación sustentable de los recursos hídricos naturales urbanos en México. Caso lagunas urbanas del sur de Tamaulipas (Tampico-Madero-Altamira). *Quivera I*(12): 1-13.

Campos-Trujillo S, Mora-Navarro M (2006). Fitoplancton de la Presa Elias González Chávez (Período

1993-1994), Jalisco, México. En *Algas del Occidente de México: Florística y Ecología*. 1ª ed. Universidad de Guadalajara. México. 261 pp.

Carlson RE (1977) A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22: 361-368.

Cloern JE (1996) Phytoplankton bloom dynamics in coastal ecosystems: A review with some general lessons from sustained investigation of San Francisco Bay, California. *Rev. Geophys.* 34: 127-168.

Cloern JE (2001) Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Mar. Ecol. Prog Ser.* 223: 210-253.

Contreras F (2001) Los Humedales costeros de México. En Abarca FJ, Herzig M (Eds.) *Manual para el Manejo y la Conservación de los Humedales en México*. 2ª ed. Cap. 4. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP, Arizona Game & Fish Department, US Fish and Wildlife Service y Wetlands Internacional. 71pp.

Contreras F, Castañeda L (2004) La biodiversidad de las lagunas costeras. *Ciencias* 76: 49-56.

Contreras-Espinosa F, Castañeda-López O, García-Nagaya A (1994) La clorofila a como base para un índice trófico en lagunas costeras mexicanas. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol.* 21: 55-66.

Day JW, Hall CA, Kemp WM, Yáñez-Arancibia A (1989) *Estuarine Ecology*. Willey. Nueva York, EEUU. 557 pp.

Escobedo-Urías D (1997) *Hidrología, Nutrientes e Influencia de las*

Aguas Residuales en la Laguna de Santa María, Sinaloa. Tesis. CICIMAR-IPN. México. 87 pp.

Flores-Verdugo FF, Gonzalez-Farías O, Ramirez-Flores F, Amezcua-Linares A, Yanez-Arancibia M, Alvarez-Rubio, Day JW Jr (1990) Mangrove ecology, aquatic primary productivity, and fish community dynamics in the Teacapan-Agua Brava Lagoon-estuarine system (Mexican Pacific). *Estuaries* 13 219-230.

Fogg GE (2002) Harmful algae a perspective. *Harmful Algae* 1: 1-4.

Guillard RRL, Ryther JH (1962) Studies on the marine planktonic Diatoms. I *Cyclotella nana* Husted and *Detonella cofervacea* (Cleve). *Can. J. Microbiol.* 8: 229-239.

Guillard RL (1975) Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. En Smith WL, Chanley MH (Eds.) *Culture of Marine Invertebrate Animals*. Plenum. Nueva York, EEUU. pp. 29-60.

Gutiérrez-Mendieta FJ, Varona-Cordero F, Contreras-Espinosa F (2006) Caracterización estacional de las condiciones físico-químicas y de productividad primaria fitoplanctónica de dos lagunas costeras tropicales del estado de Chiapas, México. *Hidrobiológica* 16: 137-146.

Haellegraff GM (1993) A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologie* 32: 79-99.

Jeffrey SW, Humphrey GF (1975) New spectrophotometric equations for the determining chlorophylls a, b, c¹ and c² in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Plants* 167: 191-194.

Komárek J, Jankovská V (2001) Review of the green algal genus *Pediastrum*; implication for pollen-analytical research. *Bibliotheca Phycologica* 108. 127 pp.

Komárková J, Tavera RL (2003) Steady state of phytoplankton assemblage in the tropical lake Catemaco (Mexico). *Hydrobiologia* 502: 187-196.

Licea S, Moreno JL, Santoyo H, Figueroa G (1995) *Dinoflageladas del Golfo de California*. UABCS, SEP-FOMES, PROMARCO. México. 273 pp.

Margain-Hernández RM (1989) Lista ficoflorística de la

- cuenca del río Pánuco, México. I. Cuerpos de agua temporales (Regiones Oriental y Sur). *Biotam* 1(3): 24-38.
- Martínez-López A, Escobedo-Urías D, Reyes-Salinas A, Hernández-Real MT (2007) Phytoplankton response to nutrient runoff in a large lagoon system in the Gulf of California. *Hidrobiológica* 17: 101-112.
- Marshall D (1987) *Biología de las Algas, Enfoque Fisiológico*. LIMUSA. México. 236 pp.
- Martínez del Ángel A (2005) *Modelación Numérica de la Hidrodinámica de la Laguna del Carpintero*. Tesis. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México. 77 pp.
- Mora-Navarro MdelR, Vázquez-García JA, Guzmán-Arroyo M, Mora-Navarro MA, Núñez-Márquez IG (2006) Fitoplancton del Lago de Chapala, Jalisco-Michoacán, México. En *Algas del Occidente de México: Florística y Ecología*. 1ª ed Universidad de Guadalajara. México. 261 pp.
- Morales-Cruz JC (1985) *Contribución al conocimiento de fitoplancton de La Laguna del Carpintero, Tampico, Tamaulipas, México*. Tesis. Universidad del Noreste. México. 49 pp.
- NMX-AA-024 SCFI (2001) *Determinación de Nitrógeno Total*. Norma Oficial Mexicana.
- NMX-AA-034 SCFI (2001) *Determinación de Sólidos*. Norma Oficial Mexicana.
- NMX-AA-094 SCFI (1985) *Determinación de Fósforo Total*. Norma Oficial Mexicana.
- Ortiz-Rosales J (1997) *Dinámica de las Comunidades Fitoplanctónicas en La Laguna del Carpintero, Tampico, Tamaulipas, México*. Tesis. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 114 pp.
- Popowski G, Borrero N (1989) Utilización de fijadores en la conservación de flagelados y su eficacia en la determinación de la concentración del fitoplancton en el Golfo de Batabanó, Cuba. *Rep. Invest. Inst. Oceanol. 11*: 1-8.
- Ramsar (2004) *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales*. 3ª ed. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland Suiza. 124 pp.
- Riley JP, Chester R (1989) *Introducción a la Química Marina*. AGT. México. 459 pp.
- Rodríguez-Palacio MC, Crisóstomo-Vázquez L, Álvarez-Hernández S, Lozano-Ramírez C (2011) Strains of toxic and harmful microalgae from wastewater, marine, brackish and fresh water. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 29: 304-313.
- Round F, Crawford R, Mann D (1990) *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press. Cambridge, RU. 747 pp.
- Sánchez D, Batres González JJ (2006a) Ordenación territorial y medioambiental de las actividades turísticas en las lagunas urbanas de Tamaulipas (México). El caso de la Laguna del Carpintero en Tampico, Tamaulipas. *VIII Congreso Nacional y 2º Internacional de Investigación Turística Ciudad de Monterrey*. (14-16/06/2006). México.
- Sánchez D, Batres González JJ (2006b) Planeación y desarrollo del espacio urbano de la Laguna del Carpintero, municipio de Tampico, Tamaulipas (México). *Congreso Internacional de la Red de Estudios Municipales*. pp. 32-37.
- Santoyo RH (1994) Fitoplancton y productividad. En De la Lanza EG, Cáceres M (Eds.) *Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. México. pp. 221-245.
- Sar EA, Ferrario ME, Reguera B (Eds.) (2002) *Floraciones Algas Nocivas en el Cono Sur Americano*. 1ª ed. Instituto Español de Oceanografía (IEO) 305 p.
- Smayda TJ (1980) Phytoplankton species succession. En Morris I (Ed.) *The Physiological Ecology of Phytoplankton*. Studies in Ecology 7. Blackwell. Oxford, RU. pp. 493-570.
- Tomas CR (1997) *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press. Nueva York, EEUU. 858 pp.
- Ulloa-Pérez AE (2005) *Influencia de la Disponibilidad de Nutrientes sobre los Cambios Espaciales Temporales de la Comunidad de Fitoplancton en el Litoral del Municipio de Guasave, Sinaloa*. Tesis. CIIDIR. Instituto Politécnico Nacional. México. 101 pp.
- Van den Hoek C, Mann DG, Jahns HM (1995) *Algae. An Introduction to Phycology*. Cambridge University Press. Cambridge, RU. 648 pp.
- Varona-Cordero F, Gutiérrez-Mendieta FJ, (2006). Composición estacional del fitoplancton de dos lagunas costeras del Pacífico tropical. *Hidrobiológica* 16:159-174.
- Wehr JD, Sheath RG (2003) *Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification*. Academic Press. San Diego, CA, EEUU. 935 pp.