



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES IZTACALA**

**Fitoplancton en la laguna costera
de Mandinga, Veracruz: estado
trófico**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G O

Presenta

Fuentes Zuno Saúl Aldair

Directora de tesis

M. en C. Gloria Garduño Solórzano



**Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México
2019**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A la Máxima Casa de Estudios, mi querida Universidad Nacional Autónoma de México, por el honor de pertenecer a tan importante institución académica, por las innumerables horas de aprendizaje, desarrollo académico y personal.

A la M. en C. Gloria Garduño Solórzano, por la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo, por su dedicación, paciencia, apoyo y enseñanzas durante la elaboración de éste trabajo, así mismo, por sus sabios consejos y palabras de aliento en todo momento.

Al Dr. Sergio Licea Duran, M. en. C. José Manuel González Fernández, M. en C. Ruth Luna Soria, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM por compartir sus experiencias y gran cantidad de bibliografía consultada.

Al M. en C. Rafael Emiliano Quintanar Zúñiga, del laboratorio de Fisiología Vegetal de la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO), quien contribuyó a darle ese detalle especial a mi trabajo con esas bellas imágenes de diatomeas en Microscopía Electrónica de Barrido.

A mis compañeros del laboratorio, en especial a Biól. Daniel Sánchez Ávila, por su apoyo técnico, su paciencia, disciplina, por sus palabras y consejos en los momentos más difíciles, por convertirse en uno de mis mejores amigos, por esas gratas horas de comida amalgamadas con sonrisas.

A los sinodales M. en C. Mario Fernández Araiza, Biól. Omar Ángeles López, Dr. Jorge Jiménez Contreras y Dr. Cristian Espinosa Rodríguez por sus aportaciones en la elaboración del presente trabajo.

A mi familia,

En especial a mis padres: Leticia y Saúl, por su infinito amor y paciencia, por los valores y enseñanzas que me inculcaron a ser un hombre de bien, por quitar de sus manos la más mínima posesión para darnos lo mejor a mí y a mi hermano. Por siempre creer en mí y en mis capacidades a pesar de todos los tropiezos, por sus palabras de aliento y por levantarme siempre que caía, infinitas gracias.

A mi hermano, Josimar, con quien no sólo comparto sangre, también compartimos grandes experiencias, por los buenos momentos, consejos, lágrimas y risas, por sus muestras de afecto y amor que siempre estarán en mi mente y en mi corazón, por preocuparte siempre por mí, por demostrarme que los sueños se pueden cumplir.

A mis abuelos: Gloria, Andrés, mamá Carmen y papá Lupe, por sus sabios consejos, por sus sacrificios, por ser ese ejemplo de superación, de que cuando se quiere, se puede, por sacar adelante a sus familias, por sus enseñanzas, por sus cuidados y querernos infinitamente.

A Claudia, por su apoyo incondicional hacia mi familia, por sus consejos, sus enseñanzas, por confiarme a Dani, a quien quiero y cuido como un sobrino, por los viajes, y en general todas las experiencias que he compartido con ustedes.

A Dan, Bicho, Jair, Brenda y Adriana por que hicieron de éste último año en la Facultad, uno de los mejores, por hacer divertidos todos los días, por las vivencias y pláticas, por sus consejos y terapias durante la tormenta, infinitas gracias.

A Amairani, por las pocas o muchas experiencias, buenas y malas que hemos pasado, por ser una motivación, ejemplo de valentía, perseverancia y superación.

A Oscar, Rubén, Gabo, Janette, Daniel, Salomón, Aldo, Facio, Danya, y sobre todo a Gerardo, entre muchas otras personas que cruzaron su camino académico con el mío.

A Mariana, por los momentos que compartimos a lo largo de nuestra formación profesional, por las experiencias que me hicieron crecer en la Facultad, pero sobre todo como persona.

A todas esas personas que no fueron mencionadas, familiares y amigos que me impulsaron a llegar a donde me encuentro hoy en día.

Gracias por siempre

Índice

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	1
RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	3
ANTECEDENTES	8
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS PARTICULARES	10
MATERIALES Y MÉTODOS	10
RESULTADOS	17
DISCUSIÓN	30
CONCLUSIONES	38
LITERATURA CITADA	39

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Página
Figura 1. Localización de los sitios de recolecta (x). Estación 1: Isla Conchas (ICO); Estación 2: Mandinga Chica (MCH) y Estación 3: Isla del Amor (IA).	12
Figura 2. Porcentaje de los <i>Phyla</i> determinados en las tres estaciones.	19
Figura 3. Categorización de las especies fitoplanctónicas: gráfico de Olmstead-Tukey	25
Figura 4. Análisis de Correspondencia Canónica de las variables físicas, químicas, nutrientes, clorofila-a y Bacillariophyta, Chlorophyta, Dinoflagellata y Cyanoprokaryota (<i>Phyla</i>) en las diferentes estaciones y épocas climáticas.	28
Figura 5. Análisis de Correspondencia Canónica de las variables físicas, químicas, nutrientes, clorofila-a y las especies dominantes en las diferentes estaciones y épocas climáticas.	30
Tabla 1. Valores del Índice del estado trófico de Carlson y clasificación del ambiente.	6
Tabla 2. Ficoflora determinada en los sitios estudiados. El "1" indica presencia, "0" ausencia y el * corresponde a los <i>taxa</i> eurihalinos, en negritas los nuevos registros para el área de estudio. ICO, Isla Conchas; MCH, Mandinga Chica e IA, Isla del Amor.	18
Tabla 3. <i>Taxa</i> dominantes en la Laguna de Mandinga. *Datos expresados en 10 ³ de cél/ml.	24
Tabla 4. Registros de variables físicas, químicas, nutrientes y clorofila-a en el periodo de estudio de la Laguna de Mandinga.	26
Tabla 5. Índice de diversidad de Shannon-Wiener para cada estación en los periodos de secas y lluvias.	27
Tabla 6. Índice de Carlson para cada estación por época climática.	30

RESUMEN

La Laguna de Mandinga, Veracruz, es un ecosistema interesante debido a la diversidad de recursos naturales y posibilidades de uso. El conocimiento del fitoplancton en este ecosistema es reducido, a pesar de su importancia ecológica y económica. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el estado trófico de la Laguna de Mandinga, Veracruz durante el periodo de estudio, con base en la comunidad fitoplanctónica y las variables: temperatura, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad, conductividad, salinidad, transparencia, profundidad, nitratos, fosfatos y clorofila-a. Los muestreos se realizaron en tres estaciones, en donde se recolectaron materiales para el análisis cualitativo y cuantitativo de especies de fitoplancton y cuantificación de clorofila-a, así como arrastres horizontales con una red de 20 μm abertura de malla. Adicionalmente se registraron las siguientes variables físicas, químicas y nutrimentos de la laguna: temperatura superficial, pH, transparencia, profundidad, oxígeno disuelto, alcalinidad total, salinidad, fosfatos y nitratos. El análisis cualitativo permitió la determinación de 129 especies distribuidos en 68% de Bacillariophyta, 24% Dinophyta, 5% Cyanoprokaryota, 2% Chlorophyta y 1% Euglenophyta. De ellos, se corroboró que 33 especies son eurihalinas y 95 estenohalinas. Las diatomeas y dinoflagelados constituyeron el 92% de la ficoflora determinada. Los resultados limnológicos indican que se trata de una laguna tropical somera, eurihalina, bien oxigenada, ligeramente alcalina. En el periodo de lluvias se registraron valores de nitratos entre 0 y 1 mg/l y fosfatos entre 0 y 2.2 mg/l. Lo anterior probablemente se explica por la incorporación de nutrimentos a través de escorrentías que incrementaron su concentración con respecto al periodo de secas. Asimismo, la concentración de clorofila-a osciló entre 3 y 11mg/m³; obteniendo las máximas concentraciones en el periodo de lluvias. El índice de diversidad de Shannon-Wiener mostró el valor máximo de 1.31 bits/ind. en Isla Conchas. Se observó que el 48% de las especies fueron raras, 29% dominantes, 20% constantes y 3% ocasionales. Las especies más abundantes fueron: *Bacillaria paxillifera*, *Chaetoceros compressus*, *Coscinodiscus rothii* y *Chaetoceros atlanticus*. La cuantificación máxima de las especies dominantes fue de 307x10³ cél/ml en la estación Isla Conchas durante el periodo de secas; mientras la mínima fue para lluvias con 76x10³ cél/ml en la estación Mandinga Chica. El análisis de correspondencia canónica relacionó significativamente a las diatomeas con la salinidad. Por su parte, los fosfatos y clorofila-a se relacionaron con las Chlorophyta y Cyanoprokaryota. Mientras, los nitratos, temperatura del agua y pH mostraron mayor relación con los dinoflagelados. Finalmente, el índice de Carlson (modificado) registró valores en promedio de 142, por lo tanto, se ubica el área de estudio en la categoría de eutrófica.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos en México son importantes para la economía del país ya que proveen alimentos y recursos no renovables e intervienen en la regulación del clima, entre otros. En particular, el litoral mexicano cuenta con una extensión de aproximadamente 11 000 km donde se localizan: bahías, ensenadas, estuarios y lagunas costeras que, por siglos, han representado ambientes ricos para actividades sustentables para el hombre (Lara-Lara *et al.* 2008).

En el país existen 130 lagunas costeras que abarcan un área de 15 000 km²; estos ambientes se definen geomorfológicamente como depresiones en la costa por debajo del promedio máximo de las mareas más altas, siempre protegidas de las fuerzas del mar por algún tipo de barrera natural, y con comunicación con el mar de manera permanente o efímera; o presentan una barrera de tipo hidrodinámica por la presencia de agua dulce y agua de mar (Lankford, 1977). Las lagunas costeras se caracterizan por presentar una elevada productividad dentro de los ecosistemas acuáticos, contando con tramas tróficas de alta diversidad y biomasa de fitoplancton (Yáñez-Arancibia, 1986; Brouillón-Moreno *et al.* 1988; Ward & Ashley, 1989).

Se ha demostrado que, en una laguna costera, las variables físicas y químicas no son constantes y están influenciadas por las corrientes de marea, las surgencias y los ciclos estacionales (Lara & Álvarez 1975; Acosta & Lam, 1978; Álvarez & Álvarez, 1982; Millan *et al.* 1982). Así mismo, las características señaladas con anterioridad pueden variar dentro del sistema por efecto de la topografía, sedimento, tipo de vegetación, descarga de los ríos, el efecto de la mezcla por el viento y la marea, así como por la morfología propia del sistema (Millán *et al.* 1981; Kennish, 1986; Kjerfve & Magill, 1989).

Moreno-Casasola *et al.*, (2002) dividen a las lagunas costeras en cinco regiones: Norte, Centro-Norte, Centro, Centro-Sur y Sur. Estas regiones se albergan al menos 16 lagunas costeras que constituyen un reservorio de biodiversidad representada por manglares, pantanos, marismas, vegetación acuática sumergida y que conforman un hábitat de crianza y protección de las diferentes etapas del ciclo de vida de la fauna acuática salobre, marina y de agua dulce. Entre las más importantes se encuentran: Pueblo Viejo, Tamiahua, Tampamachoco, Grande, San Agustín, Salada, Verde, El Llano, El Farallón, La Mancha, Mandinga, Alvarado, Sontecomapan y El Ostión (Lara-Domínguez *et al.* 2011).

Una de las comunidades biológicas importantes de las lagunas costeras es el fitoplancton, el cual agrupa a los organismos microscópicos fotosintetizadores que viven suspendidos en la zona fótica. El fitoplancton se ha clasificado en 11 Divisiones taxonómicas (Van den Hoek *et al.* 1995). Para las Cyanoprokaryota, han sido registrados 14 géneros en las lagunas costeras de Veracruz (Okolodkov *et al.* 2007; Okolodkov & Blanco, 2011). Las Cryptophyta, solo citada a *Rhodomonas* en la Laguna de Alvarado (Margalef, 1975). Las Bacillariophyta, presentan alta riqueza específica en los géneros: *Coscinodiscus*, *Chaetoceros*, *Nitzschia*, *Rhizosolenia* y *Thalassiosira* (Licea, en prensa). Para las Crysophyta se conocen registros de tres géneros en la laguna Vega de la Torre: *Characiopsis*, *Tribonema* y *Chrysophaerella* (Jiménez-Aponte, 1988). Mientras, en lagunas costeras mixohalinas 32 especies de Chlorophyta han sido registradas. Las Euglenophyta, aunque no son muy abundantes, suelen ser indicadoras de contaminación; y de ellas se han señalados cuatro especies (Margalef, 1975; Aké-Castillo, 2006).

Tomas (1997) indica que todos los grupos taxonómicos que componen el fitoplancton juegan un papel fundamental en los procesos biogeoquímicos, debido a que incorporan y transforman elementos inorgánicos a formas orgánicas, requerida para el desarrollo y crecimiento de bacterias, zooplancton y animales bentónicos. Asimismo, son la base de las tramas tróficas e indicadores de la calidad del agua. La identificación de las variables ambientales que regulan la

estructura de la comunidad fitoplanctónica es esencial para el desarrollo de hipótesis que ayuden a comprender aspectos relacionados con la dinámica limnológica, la eutrofización o de los florecimientos algales nocivos (FAN`s) (Allen & Starr, 1982; Tilman, 1982; Hernández-Becerril, 1993).

En México, los cuerpos de agua epicontinentales están sujetos a diversas actividades antropogénicas como son la pesca, acuicultura, agricultura, minería, turismo y crecimiento urbano, que los han llevado a un proceso de eutrofización (Lara-Lara *et al.* 2008). Según la CONAGUA (2012) los indicadores generales de calidad del agua muestran que más del 50% de estos ambientes acuáticos están contaminados principalmente por descargas de los asentamientos humanos e industriales por lo cual se requiere tomar medidas por instituciones gubernamentales para el saneamiento de las aguas nacionales.

Es importante indicar que durante la reunión de la Sociedad Americana de Limnología y Oceanografía en 1971, se dieron a conocer los primeros estudios sobre eutrofización costera, los cuales señalaron que, aunque los principios que rigen la eutrofización marina-costera son los mismos que para los lagos, el proceso en ambientes marinos es más complejo y está limitado por el nitrógeno y no por el fósforo como en los lagos (Bricker *et al.* 2003).

El proceso de eutrofización se refiere al “incremento en la tasa de suministro de N, P, en un ecosistema”, donde los efectos se manifiestan comúnmente con incrementos de la biomasa fitoplanctónica, disminución de la transparencia en el agua y eventos de hipoxia o anoxia en el ecosistema. Condiciones que generan el colapso de las pesquerías, así como la disminución en la biodiversidad y pérdida de valor escénico de los ecosistemas (Contreras-Espinosa *et al.* 1994).

Con base en lo anterior, diversos autores han propuesto clasificaciones basadas en algunas características que permitan la jerarquización de los ecosistemas acuáticos. Dentro de estos ordenamientos destaca el que clasifica a los ecosistemas acuáticos en diversos estados tróficos en función de su contenido de nutrimentos, cantidad de clorofila-a y la transparencia en la columna de agua en

ambientes oligotróficos, mesotróficos y eutróficos (Parra *et al.* 2003). En este sentido, la clasificación trófica en ecosistemas acuáticos costeros en México, se ha basado principalmente en el índice de estado trófico (TSI) de Carlson en 33 lagunas costeras (Carlson, 1977; Contreras *et al.* 1994; Devi Prasad & Siddaraju, 2012).

Basados sobre TSI y el logaritmo natural (ln), el índice de estado trófico permite obtener la clasificación de ambientes según la escala de 100 niveles desde oligotrófico hasta eutrófico (Tabla 1).

Tabla 1. Valores del Índice del estado trófico de Carlson y clasificación del ambiente.

Valor TSI	Estado trófico	Atributos
< 30	Oligotrófico	Agua clara, oxígeno durante el año en el hipolimnion
30-40	Oligotrófico	Lagos someros, anoxicos durante el verano.
40- 50	Mesotrofico	Decrece la transparencia, se incrementa la anoxia durante el verano, moderadamente productivo
50-60	Eutrófico	Bajo nivel de eutrofia.
60-70	Eutrófico	Decrece la transparencia, dominan cianobacterias, - macrofitas muy desarrolladas, altamente productivo.
70-80	Eutrófico	En verano pueden formarse FAN's
>80	Eutrófico	Alto biomasa de fitoplancton, mueren peces en verano y pocas macrofitas

El problema de la eutrofización se ha estudiado en todo el mundo, porque representa una amenaza constante y en los últimos años se ha acelerado debido al aumento de la población cercana a la costa. Lo anterior se debe en parte por la falta de control en el vertimiento de desechos humanos hacia los cuerpos de agua. Lo que ha provocado efectos deletéreos tanto en las especies como en la salud pública. Ejemplo de ellos son las diversas intoxicaciones por ingestión de mariscos contaminados por organismos causantes de FAN's tanto del Pacífico como en el Golfo de México (Cortés-Altamirano, 2010; Garduño *et al.* 2009).

En este sentido el impacto ambiental de los eventos conocidos como FAN's representa una amenaza a la biodiversidad de los invertebrados, peces, aves y mamíferos marinos. Por lo cual, es importante generar un programa de manejo de estos recursos, donde deberán de realizarse monitoreos y confirmación de contingencias, así como investigar sobre la mitigación en los ecosistemas epicontinentales del país (Garduño *et al.* 2009).

Históricamente, los FAN's registrados en las costas de Veracruz datan de 1984 cuando se presentó una contingencia ambiental en la laguna de Tamiahua por presencia de la especie *Pyrodinium bahamense* var. *bahamense* (Gómez-Aguirre, 1998). Por su parte, Licea *et al.* (2004a) cuantificaron concentraciones de *Karenia brevis* de 13.9×10^6 cél/l, lo que ocasionó la muerte masiva de peces en la Laguna de Alvarado. En el puerto de Veracruz, durante el otoño de 2002 fue reconocido el primer caso de un FAN's causado por *Peridinium quinquecorne* con 2.5×10^6 cel/l. No menos importante, es considerar la vigilancia de la presencia de otros organismos tóxicos, como es el fenómeno nombrado "marea café", causado por *Aureoumbra lagunensis* (Clase Pelagophyceae) reconocido durante el periodo 1990-1998 en la Laguna Madre, Texas (López-Barreiro *et al.* 1999). Los mismos autores, señalan la presencia de *A. lagunensis* en la Laguna Madre, Tamaulipas, así como en lagunas Pueblo Viejo y Tamiahua, Veracruz (Okolodkov & Blanco, 2011), pero por fortuna sin registro de contingencia ambiental en territorio nacional.

En particular, en la Laguna Mandinga, área de estudio del presente trabajo, se obtienen una variedad de recursos pesqueros de gran valor económico y ecológico. Según la SAGARPA, (2012) la Laguna de Mandinga es uno de los principales productores de ostión *Crassostrea virginica* en el Golfo de México. Otros productores pesqueros obtenidos son la jaiba y camarón. Lo anterior, constituye una importante fuente de ingresos económicos tanto en periodos de secas como de lluvias (Navarrete-Rodríguez *et al.* 2016) Asimismo, se llevan a cabo otras actividades de importancia social y económica para los pobladores que

habitan alrededor a la laguna. Dentro de las cuales se destacan el turismo, la agricultura, la ganadería, el comercio y pesca (Lara-Domínguez *et al.* 2009; Aldasoro, 2015).

Con base en lo anteriormente expresado, el objetivo del presente estudio fue evaluar el estado trófico de la Laguna de Mandinga con base en la comunidad fitoplanctónica y su relación con las condiciones físicas y químicas durante los periodos de estiaje y lluvias.

ANTECEDENTES

Para las costas del Pacífico mexicano, Alonso-Rodríguez *et al.*, (2008) elaboraron un catálogo de microalgas de ocho lagunas costeras de Sinaloa, donde incluye una guía ilustrada de 140 especies. Material valioso para la identificación de aquellas especies que forman FAN's y que, por tanto, alteran las actividades acuícolas o incluso pueden ser de riesgo para la salud humana.

Por su parte, para las costas mexicanas en las lagunas costeras de Quintana Roo, han sido estudiada la laguna Lagartos, ambiente tropical e hiposalino donde se registraron 67 *taxa*. De ellos, la mayor abundancia correspondió a las Cyanoprokaryota con cerca del 80% (Nava-Ruiz & Váladez, 2012). También, en laguna de Términos, Campeche, Muciño-Márquez *et al.*, (2014) evaluaron la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica y su relación con algunas variables físicas y químicas en los sistemas lagunares de Pom-Atasta y Palizada del Este registrándose 263 y 348 *taxa* respectivamente. Estos ecosistemas adyacentes a la laguna de Términos, en época de norte donde la interacción de agua marina y continental caracteriza al sistema con heterogeneidad en la salinidad. Y por tanto se desarrollan comunidades con afinidad a ambientes dulceacuícolas en áreas adyacentes a las desembocaduras de los ríos; mientras, en la boca de la laguna se registraron especies marinas en mayor proporción.

Para Veracruz, en la laguna de Alvarado, fue investigado el fitoplancton invernal entre enero y agosto de 1966; donde se encontró que en la parte central y

occidental se desarrollan 18 *taxa* marinos o mesohalinos (Margalef, 1975). Por su parte, en la laguna de Sontecomapan se analizó la morfología y distribución de especies del género *Skeletonema* (Aké-Castillo *et al.* 1995). También en la laguna de Tamiahua se han registrado 39 *taxa* de dinoflagelados; así como se conoce que en la zona con alta y baja salinidad, las Clorofitas, Euglenofitas y Crisófitas son comunes. Mientras, la zona estuarina se caracteriza por una alta diversidad de Cyanoprokaryota (Figuroa-Torres & Weiss-Martínez, 1999). La descripción del nuevo taxón: *Peridinium quinquecorne* var. *trispiniferum* la cual ocasionó un florecimiento en sistema tropical salobre de Sontecomapan (Aké-Castillo & Vázquez, 2011).

Para la Laguna de Mandinga, se han dado a conocer en las memorias de congresos (SOMPAC) algunas condiciones limnológicas donde indican para el periodo 1987-1988, un intervalo de temperatura de 20 a 34°C, salinidad de 3.1 a 33 UPS, oxígeno disuelto de 1.7 a 9.4 mg/l y pH de 5.9 a 8.3. También registran abundancia de los géneros *Skeletonema* y *Chaetoceros* (diatomeas) (Amador & Cabrera, 1994). Más tarde, Barreiro (2002) en el periodo 1998-2001 determinaron la concentración de clorofila-*a*, a lo largo del sistema estuarino Boca del Río-Mandinga, con registros de 3.4 ± 1.3 mg/m³ en invierno y 22 ± 2.3 mg/m³ en sequía. También, Barón-Campis *et al.*, (2005) señalan la presencia de especies de los géneros: *Lioloma*, *Navicula*, *Pleurosigma*, *Pseudo-nitzschia* y *Thalassionema*. Recientemente, Salcedo-Garduño *et al.*, (2019) investigaron la influencia de los parámetros fisicoquímicos en la distribución del fitoplancton de la laguna.

Finalmente, Okolodkov & Blanco (2011) indican la diversidad de microalgas marinas y de agua dulce, donde señalan que en las lagunas costeras los dinoflagelados son menos diversos que en el mar abierto.

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el estado trófico de la Laguna de Mandinga, Veracruz durante el periodo de estudio, con base en la comunidad fitoplanctónica y las variables: temperatura, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad, conductividad, salinidad, transparencia, profundidad, nitratos, fosfatos y clorofila-a.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la diversidad alfa del fitoplancton en la Laguna de Mandinga en el periodo de estudio, para contrastar los cambios entre ellas y asociarlas con algunas variables físicas, químicas, nutrientes y clorofila a.
- Categorizar las especies fitoplanctónicas: raras, dominantes, constantes y ocasionales en el área de estudio.
- Relacionar la abundancia relativa de las especies fitoplanctónicas con las variables indicadas.
- Conocer el estado trófico de la Laguna de Mandinga durante el periodo de estudio, a partir del índice de Carlson.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La Laguna de Mandinga, Veracruz se ubica entre las coordenadas 19° 00' 00" latitud Norte y 96° 04' 00" longitud Oeste, tiene una longitud aproximada de 20 Km y está compuesta por seis cuerpos de agua interconectados: Estero del Conchal, Laguna Larga, Estero de Horcones, Laguna de Mandinga Chica o Laguna Redonda, Estero de Mandinga, Laguna de Mandinga Grande. Es un ambiente tropical con temperatura promedio de 27°C, el

pH promedio de 7.2 y salinidad de 18 UPS. La concentración de oxígeno disuelto oscila entre 1.7 a 9.4 mg/l (Contreras, 1985; Amador & Cabrera, 1994).

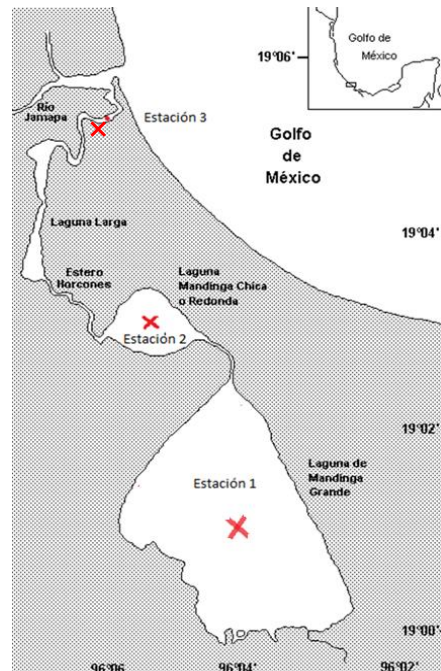


Figura 1. Localización de los sitios de recolecta (x). Estación 1: Isla Conchas (ICO); Estación 2: Mandinga Chica (MCH) y Estación 3: Isla del Amor (IA) (Márquez, 1992. modificado).

Colecta de material biológico. Se efectuaron tres recolectas de material biológico en épocas de lluvias y secas en tres estaciones delimitadas en el Sistema Lagunar de Mandinga (Fig. 1); los días 7 de septiembre de 2017, 19 de marzo de 2018 y 29 de septiembre de 2018. Se obtuvieron un total de ocho muestras para el análisis cualitativo y cuantitativo del fitoplancton.

Las estaciones 1, 2 y 3 fueron establecidas con base en la salinidad y a través del largo máximo del sistema lagunar; éstas son conocidas con el nombre de: Isla Conchas, Mandinga Chica e Isla del Amor respectivamente (Márquez, 1992 modificado).

En cada una de las estaciones se realizaron arrastres horizontales durante cinco minutos con una red cónica con abertura de malla de 20 μ m. Este material se dividió en dos fracciones iguales: la primera se mantuvo *in vivo* a 4°C de

temperatura, y la otra parte fue preservada inmediatamente con formol hasta llevarlo a una concentración final del 4% y neutralizada con borato de sodio (Moreno, 2003).

Además, se tomaron dos muestras de 500ml en los primeros 20 cm de la columna de agua, una de ellas se le agregó acetato lugol hasta obtener un tono ámbar para la cuantificación del fitoplancton (Villafañe & Reid, 1995) y la segunda sirvió para la determinación de las variables físicas, químicas, nutrimentos y clorofila-a.

Procesamiento del material biológico. Para la determinación del material biológico se utilizó un microscopio óptico de luz (ML) marca Leica, donde se tomaron fotografías con una cámara de 20 megapíxeles y filtro azul. Las tinciones con azul de cresil, verde brillante y acetocarmín fueron realizadas en los casos necesarios para verificar ornamentaciones de la pared, sustancias de reserva y vaina respectivamente (Kumar & Sing, 1979). Para el examen de las tecas y la determinación taxonómica de las especies de los dinoflagelados se utilizó la tinción de azul de tripano 0.2% (Taylor, 1978).

Limpieza de frústulos. Se realizó por el método oxidativo propuesto por Hasle & Fryxell (1970) en el cual se le añadió ácido sulfúrico concentrado cuidadosamente. Posteriormente, se agregó permanganato de potasio saturado, hasta que la muestra tomó un color púrpura. Después, se añadió ácido oxálico saturado y se agitó cuidadosamente hasta observarse transparente. A continuación, la muestra se centrifugó y decantó el exceso de líquido. Enseguida se realizaron ocho enjuagues con agua destilada, para eliminar los residuos de los ácidos utilizados para la oxidación de la materia orgánica. Con el material limpio, se realizaron preparaciones permanentes con Naphrax cuyo índice de refracción es 1.65.

Para las observaciones en microscopía electrónica de barrido (MEB) de diatomeas se procesó el material de la siguiente forma: se colocó una gota del material previamente limpio por la técnica de Hasle & Fryxell (1970) sobre un filtro Millipore de 0.45 μm de tamaño de poro y se dejó secar al aire; posteriormente fue montado sobre una cinta de doble cara en bases de aluminio y cubierto con oro (Ferrario *et*

al. 1995). El reconocimiento de los caracteres taxonómicos necesarios se realizó en un MEB marca JEOL modelo JSM6380LV localizado en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO) de la FES Iztacala, UNAM.

El material analizado y las preparaciones se depositaron en la colección de microalgas del herbario IZTA 1910-1914 (Holmgren *et al.* 1990).

Para la determinación taxonómica del material biológico, se revisaron las obras de Cupp (1943), Moreno *et al.*, (1996), Tomas (1997), Komárek & Anagnostidis (1999, 2002), Alonso *et al.*, (2008), Hoppenrath *et al.*, (2009), Licea *et al.*, (1995) Licea (en prensa). Para *Chaetoceros* (Rines & Hargraves, 1988), para *Protoperidinium* (Okolodkov, 2005, 2008).

El listado ficoflorístico se organizó con base en diferentes esquemas de clasificación; para las Cyanoprokaryota se siguió a Komárek & Anagnostidis (1999, 2002), las Bacillariophyta a Round *et al.*, (1990), las Chlorophyta a Bicudo *et al.*, (2017), Euglenophyta con base en Van den Hoek *et al.*, (1995) y las Dinoflagellata se basaron en Gómez (2012). Además, la validez taxonómica de las especies se corroboró en algaebase (Guiry & Guiry, 2019). Finalmente, los nuevos registros para las costas mexicanas del Golfo de México se basaron a partir de la obra de Steidinger *et al.*, (2009).

Cuantificación del fitoplancton. Esta actividad se realizó por el método de Utermöhl (Edler & Elbrächter, 2010). Para determinar el número de células de cada especie por ml se utilizó la siguiente fórmula indicada en APHA *et al.*, (1995).

$$\frac{\text{No. de organismos}}{\text{ml}} = \frac{C \times A_t}{A_f \times F \times V}$$

Donde:

C= número de organismos contados

At= área total del fondo de la cámara (mm²)

Af= área de un campo (mm²)

F= número de campos contados

V= volumen de la muestra sedimentada (ml)

Se contaron hasta 400 células, para cubrir un intervalo de confianza del 95% (Wetzel & Likens, 1979).

Variables físicas y químicas. En cada una de las estaciones se registraron *in situ* algunas variables: para la temperatura del agua se utilizó un termómetro marca Brannan, el pH se midió con un potenciómetro marca Cole Parmer, modelo Digi-sense; la transparencia, con el disco de Secchi, sumergiéndolo del lado de la sombra y la profundidad con una sondaleza marca Speedtech USA. La concentración de oxígeno disuelto se midió con la técnica de Winkler modificada. La alcalinidad total mediante titulometría con anaranjado de metilo. La salinidad se registró con un hidrómetro y la conductividad eléctrica con un conductímetro marca Hanna modelo HI98312. La radiación solar, coordenadas geográficas y velocidad del viento se registraron con la aplicación Ultraviolet desarrollado por ©Robocat utilizando un móvil marca Apple, modelo iPhone 7.

Para la cuantificación de nutrimentos, se utilizó un espectrofotómetro marca Hach, modelo DR2800 y el paquete de prueba para ortofosfatos por el método 8114 de molibdovanadato y para nitratos por el método 8153, de reducción de cadmio (APHA *et al.* 1995).

Cuantificación de clorofila-a (mg/m^3). Se tomaron 50 ml de muestra de agua y se añadieron tres gotas de MgCO_3 , después se filtró a través de una membrana de $0.45 \mu\text{m}$, utilizando una bomba de vacío. Con el objeto de absorber la humedad, los filtros se colocaron en tubos en un recipiente con gel de sílice. Para la extracción de la clorofila-a se colocó el filtro en un tubo de centrifuga con acetona al 90%, después se maceró el filtro y se completó a un volumen de 10 ml acetona. Después de 24 h en oscuridad y temperatura ambiente, se centrifugó a 4000 rpm por 10 min. Con ayuda de una pipeta Pasteur, se extrajo la muestra para la medición a longitudes de onda: 750, 665, 645 y 630 nm, donde se utilizó como blanco acetona al 90%.

La concentración de la clorofila-a en $\mu\text{g}/\text{l}$ ($=\text{mg}/\text{m}^3$) se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Clorofila-a} = 11.64 E_{665} - 2.16 E_{645} + 0.10 E_{630}$$

Los valores obtenidos se multiplicaron por el volumen de la extracción en ml y se dividieron por el volumen de la muestra de agua en litros (Strickland & Parsons, 1977; Contreras, 1994).

Índice de diversidad de Shannon-Wiener. Para determinar este índice se utilizó la fórmula indicada por Magurran (1988).

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i * \log_2 * p_i)$$

Donde:

H' = Índice de Shannon-Wiener.

S = riqueza

$p_i = n_i/N_i$ = proporción de individuos del i-ésimo taxón respecto al total de individuos (es decir, la abundancia relativa del taxón i).

N_i = número de individuos del taxón i

N = total de individuos de todos los taxa

\log_2 = logaritmo de base dos de p_i .

p_i = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Para determinar la importancia de las especies del fitoplancton se elaboró un análisis de Olmstead-Tukey según Sokal & Rohlf (1981); para lo cual se aplicó el siguiente criterio:

- 1) Especies con valores de abundancia y de frecuencia por arriba de la media se consideraron **taxa, dominantes**.
- 2) Especies con valores de abundancia por debajo de la media, pero arriba de la media de la frecuencia se consideraron, **constantes**.
- 3) Especies que mostraron valores por arriba de la media de abundancia, pero por debajo de la media de la frecuencia fueron clasificadas como, **ocasionales**.
- 4) Especies que registraron valores por debajo de la media tanto de la abundancia como de la frecuencia se registraron como, **raras**.

Análisis de variables y taxa seleccionados. Primero se relacionaron los *Phyla* junto con las variables físicas y químicas registradas, se analizaron por el método de análisis multivariante, correlación canónica (CCA), utilizando la prueba de permutación de Monte Carlo (9999 permutaciones, $\alpha=0.05$) en el software CANOCO for Windows ver. 4.5 (Ter-Braak & Smilauer, 2009). Para conocer los porcentajes que explican la distribución en el gráfico resultante se corrieron los datos en el software Past versión 3. Después de conocer la tendencia general por *Phylum*, se relacionaron los *taxa* dominantes y constantes bajo la misma metodología previamente mencionada.

Estado trófico. Para conocer el estado trófico de la Laguna de Mandinga se utilizó el índice del estado trófico (TSI) de Carlson, donde se utilizan los registros de transparencia del disco de Secchi, clorofila-*a* y fósforo en el agua (Carlson, 1977; Devi Prasad & Siddaraju, 2012) usando la siguiente fórmula:

$$(a + b + c) / 3$$

Donde:

- a. TSI de clorofila-*a* (CA) $TSI = 9.81 \ln \text{clorofila-}a \text{ (ug/l)} + 30.6$
- b. TSI profundidad del disco de Secchi (SD) $TSI = 60 - 14.41 \ln \text{Disco de Secchi (m)}$
- c. TSI de fósforo total (TP) $TSI = 14.42 \ln \text{fósforo} + 4.15 \text{ total (ug/l)}$

RESULTADOS

Composición del fitoplancton. Se registraron un total de 129 *taxa* distribuidos en cinco *Phyla*, de los cuales el 5% (8) corresponden a Cyanoprokaryota, 2% (3) Chlorophyta, 1% (1) Euglenophyta, 68% (87) Bacillariophyta y 24% (31) Dinoflagellata. Donde Bacillariophyta fue el más representativo del ecosistema (Figura 2).

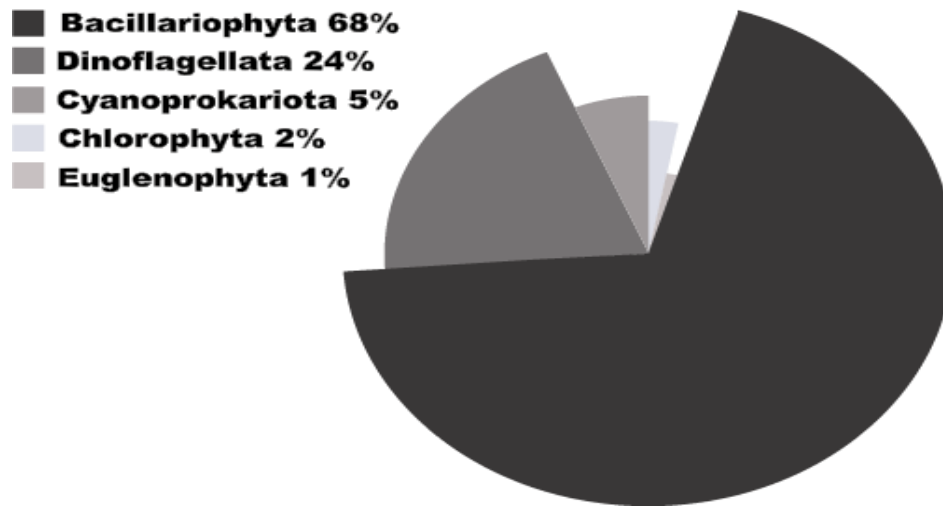


Figura 2. Porcentaje de los *Phyla* determinados en las tres estaciones.

La ficoflora del área de estudio presentó 33 especies eurihalinas y 95 estenohalinas. La distribución de la ficoflora fue diferente en cada una de las estaciones; en la estación ICO, se registraron 53 especies, en la estación MCH fueron 64 especies y por último la estación IA, se reconocieron 79 especies (Tabla 2).

Tabla 2. Ficoflora determinada en los sitios estudiados. El “1” indica presencia, “0” ausencia y el * corresponde a los *taxa* eurihalinos, en negritas los nuevos registros para el área de estudio. ICO, Isla Conchas; MCH, Mandinga Chica e IA, Isla del Amor.

<i>Taxa</i>	Estación ICO 0 UPS	Estación MCH 32 UPS	Estación IA 25 UPS
Cyanoprokaryota			
<i>Anabaena</i> sp.	1	0	0
<i>Johannesbatista</i> sp.	0	1	0
<i>Lyngbya</i> sp	0	1	0
*<i>Merismopedia elegans</i> A. Braun ex Kützing	1	1	0
<i>Merismopedia insignis</i> Skorbatov [Shkorbatov]	0	1	0
<i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Komárek ex Komárek	1	0	0
<i>Phormidium gracile</i> (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis	1	0	0
*<i>Spirulina</i> sp.	1	1	0
Chlorophyta			
<i>Desmodesmus</i> sp.	1	0	0
<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda	1	0	0
<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E. Hegewald	1	0	0
<i>Euglenophyta</i>			
<i>Lepocinclis acus</i> (O. F. Müller) B. Marin & Melkonian	1	0	0
Bacillariophyta			
<i>Actinocyclus circellus</i> T.P. Watkins	1	0	0
*<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	1	1	1
<i>Actinoptychus splendens</i> (Shadbolt) Ralfs	0	0	1
<i>Alveus marinus</i> (Grunow) Kaczmarek & Fryxell	0	1	1
<i>Amphora proteus</i> W. Gregory	0	1	0
*<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	1	0	1
*<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müller) T. Marsson	1	1	0
<i>Bacteriastrum furcatum</i> Shadbolt	0	0	1

Tabla 2 Continuación....			
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder	0	0	1
*<i>Bellerochea malleus</i> (Brightwell) Van Heurck	1	1	0
<i>Biddulphia biddulphiana</i> (J.E. Smith) Boyer	0	0	1
*<i>Caloneis permagna</i> (Bailey) Cleve	1	1	0
<i>Campylodiscus braziliensis</i> J.M. Deby	0	1	0
<i>Cerataulus smithii</i> Ralfs	0	0	1
<i>Ceratoneis closterium</i> Ehrenberg	0	0	1
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	0	1	0
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve	0	1	1
*<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder	1	1	1
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	0	1	1
<i>Chaetoceros radicans</i> F. Schütt	0	0	1
<i>Chaetoceros rostratus</i> Ralfs	0	0	1
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	0	1	1
<i>Chaetoceros protuberans</i> Lauder	0	0	1
*<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg	1	1	0
<i>Coscinodiscus granii</i> L.F.Gough	0	1	0
*<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	1	1	1
<i>Coscinodiscus rothii</i> (Ehrenberg) Grunow	0	1	1
<i>Coscinodiscus wailesii</i> Gran & Angst	0	0	1
*<i>Cyclotella stylorum</i> Brightwell	1	1	1
*<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	1	1	1
<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Gran	0	1	1
*<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	1	1	1
<i>Diploneis splendida</i> Cleve	1	0	0
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow	0	0	1
*<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	1	1	1
<i>Fragilaria</i> sp.	1	0	0
*<i>Grammatophora</i> sp.	1	1	1

Tabla 2 Continuación 2			
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing	0	1	0
*<i>Guinardia delicatula</i> Cleve	1	0	1
<i>Guinardia flacida</i> (Castracane) H. Peragallo	0	0	1
*<i>Gyrosigma inflatum</i> Ricard	1	1	1
*<i>Hantzschia pseudomarina</i> Husted	1	1	1
<i>Hantzschia sigma</i> Hustedt	0	0	1
<i>Haslea wawrikan</i> (Hustedt) Simonsen	0	1	0
<i>Helicotheca tamesis</i> (Shrubsole) M. Ricard	0	0	1
<i>Hobaniella longicuris</i> (Greville) P.A. Sims & D.M. Williams	0	0	1
*<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	1	1	1
<i>Lambidiscus</i> sp.	1	0	0
<i>Lauderia annulata</i> Cleve	0	0	1
*<i>Licmophora</i> sp.	1	1	0
*<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg	1	1	0
<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva	0	1	0
<i>Navicula gastrum</i> (Ehrenberg) Kützing	0	1	0
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	1	0	0
<i>Navicula pennata</i> A.W.F. Schmidt	0	1	1
<i>Neidium</i> sp.	0	1	0
*<i>Nitzschia bicapitata</i> Cleve	1	1	0
<i>Nitzschia brarudii</i> Hasle	0	0	1
<i>Nitzschia granulata</i> Grunow	0	1	1
*<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs	1	1	1
<i>Nitzschia sícula</i> (Castracane) Hustedt	0	1	0
*<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith	1	0	1
<i>Nitzschia spathulata</i> Brébisson ex W. Smith	0	0	1
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C. Agardh	0	1	1
<i>Odontella mobiliensis</i> (Bailey) Grunow	0	0	1
<i>Palmerina hardmaniana</i> (Greville) G.R. Hasle	0	0	1

Tabla 2 Continuación			
<i>Petrodictyon gemma</i> (Ehrenberg) D.G. Mann	1	0	0
<i>Petroneis granulata</i> D.G.Mann	0	1	0
*<i>Pleurosigma angulatum</i> (J.T. Quekett) W. Smith	1	1	0
*<i>Pleurosigma diverse-striatum</i> F. Meister	1	1	1
*<i>Podosira stelligera</i> (Bailey) A. Mann	1	1	1
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström	0	0	1
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle	0	0	1
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle	0	0	1
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	0	1	0
<i>Rhopalodia</i> sp.	0	1	0
<i>Skeletonema</i> sp.	1	0	0
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	0	1	1
<i>Stephanopyxis</i> sp.	0	1	0
*<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	1	1	1
*<i>Surirella striatula</i> Leud-Fortm	1	0	1
*<i>Thalassionema bacillare</i> (Heiden) Kolbe	1	1	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	0	0	1
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	0	1
<i>Thalassiosira delicatula</i> Ostenfel	0	0	1
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow	0	0	1
Dinoflagellata			
<i>Azadinium spinosum</i> Elbrächter & Tillmann	0	0	1
<i>Cochlodinium</i> sp.	0	0	1
<i>Cochlodinium</i> sp.1	0	0	1
*<i>Dinophysis fortii</i> Pavillard	1	1	1
<i>Diplopsalis</i> sp.	0	0	1
<i>Gonyaulax polygramma</i> F. Stein	0	1	0
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing	0	1	1
<i>Gonyaulax spirale</i> Diesing	0	0	1

Tabla 2 Continuación ...

<i>Gonyaulax</i> sp.	0	1	0
<i>Gyrodinium</i> sp.	0	0	1
*<i>Karenia mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Gert Hansen & Moestrup	1	0	1
<i>Lingulodinium</i> sp.	1	0	0
*<i>Peridinium quinquecorne</i> T.H. Abé	1	1	1
<i>Peridinium quinquecorne</i> var. <i>trispiniferum</i> Aké-Castillo & Vázquez	0	1	0
<i>Protoperidinium abei</i> (Paulsen) Balech	0	0	1
*<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech	1	1	0
<i>Protoperidium oceanicum</i> (Vanhöffen) Balech	0	0	1
<i>Protoperidium oviforme</i> (Dangeard) Balech	0	0	1
<i>Protoperidium ovum</i> (J. Schiller) Balech	0	0	1
<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh	0	0	1
<i>Protoperidium pyriforme</i> (Paulsen) Balech	0	0	1
<i>Protoperidinium quarnerense</i> (B. Schröder) Balech	0	0	1
<i>Protoperidium subidene</i> (Paulsen) A.R. Loeblich III	0	0	1
*<i>Prorocentrum gracile</i> F. Schütt	1	1	0
*<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	1	0	1
*<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F. Gómez	1	1	1
<i>Tripos furca</i> var. <i>eugrammum</i> (Ehrenberg) Schiller	0	1	0
*<i>Tripos hircus</i> (Schröder) F. Gómez	1	1	1
<i>Scripsiella trochoide</i> (F. Stein) A.R. Loeblich III	0	0	1
<i>Scripsiella spinifera</i> G.Honsell & M. Cabrini	0	0	1
<i>Warnowia</i> sp.	0	0	1
Total	53	64	79

Abundancia del fitoplancton. En la tabla 3, se muestran las 10 especies dominantes (más abundantes y frecuentes) de la Laguna de Mandinga en los distintos periodos estacionales analizados, se observó que las Bacillariophyta ocuparon 8 de los 10 primeros lugares en abundancia: *Bacillaria paxillifera* 238 x 10³ cél/ml; *Chaetoceros compressus* 208 x 10³ cél/ml; *Coscinodiscus rothii* 132 x 10³ cél/ml; *Chaetoceros atlanticus* 127 x 10³ cél/ml; *Nitzschia bicapitata* 100 x 10³ cél/ml; *Skeletonema costatum* 99 x 10³ cél/ml; *Gyrosigma inflatum* 83 x 10³ cél/ml y *Navicula pennata* 69 x 10³ cél/ml acompañadas de Cyanoprokaryota: *Merismopedia elegans* 108 x 10³ cél/ml y Dinoflagellata: *Peridinium quinquecorne* 80 x 10³ cél/ml respectivamente.

Con respecto a las estaciones y periodos estudiados, la mayor abundancia fue de 307 x10³ cél/ml durante periodo de estiaje en la estación ICO en 2018, en contraste la menor abundancia se observó en la estación de MCH durante periodo de lluvias en 2018 con 76 x 10³ cél/ml.

Tabla 3. *Taxa* dominantes en la Laguna de Mandinga. *Datos expresados en 10³ cél/ml. Donde ICOLL17.- Isla Conchas Lluvias 2017, MCHLL17.- Mandinga Chica Lluvias 2017, ICOEST18.- Isla Conchas Estiaje 2018, MCHL18.- Mandinga Chica Estiaje 18, IAEST18.- Isla del Amor Estiaje 2018, ICOLL18.- Isla Conchas Lluvias 2018, MCHLL18.- Mandinga Chica Lluvias 2018, IALL18.- Isla del Amor Lluvias 2018.

	ICOLL17	MCHLL17	ICOEST18	MCHL18	IAEST18	ICOLL18	MCHLL18	IALL18
<i>Bacillaria paxillifera</i>	0	41	165	0	10	22	0	0
<i>Chaetoceros compressus</i>	0	0	42	19	147	0	0	0
<i>Coscinodiscus rothii</i>	0	0	29	7	20	24	22	29
<i>Chaetoceros atlanticus</i>	0	0	30	17	23	20	37	0
<i>Merismopedia elegans</i>	10	0	0	98	0	0	0	0
<i>Nitzschia bicapitata</i>	72	28	0	0	0	0	0	0
<i>Skeletonema costatum</i>	0	39	11	0	0	0	0	49
<i>Gyrosigma inflatum</i>	0	24	6	15	5	18	17	0
<i>Peridinium quinquecorne</i>	54	0	16	0	10	0	0	0
<i>Navicula pennata</i>	53	0	8	8	0	0	0	0

<i>suma parcial</i>	188	132	307	163	214	83	76	79
---------------------	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----

Dominancia de especies. En la Figura 3, se muestra el análisis del diagrama de Olmstead-Tukey las especies ocasionales, dominantes, raras y constantes; donde 48% de la ficoflora fueron especies raras, seguidas de 29% dominantes, 20% constantes y 3% ocasionales. Algunos ejemplos de especies de la categoría “raras” fueron: *Protoperidinium oceanicum*, *Guinardia delicatula*, *Fragilaria* sp. y *Petronéis granulata*. De las dominantes: *Bacillaria paxillifera*, *Chaetoceros compressus*, *Coscinodiscus rothii* y *Chaetoceros atlanticus*. Por su parte, las constantes: *Triplos furca*, *Cocconeis scutellum*, *Diploneis bombus* y *Actinoptychus senarius*; por último, las ocasionales *Desmodesmus* sp. y *Spirulina* sp.

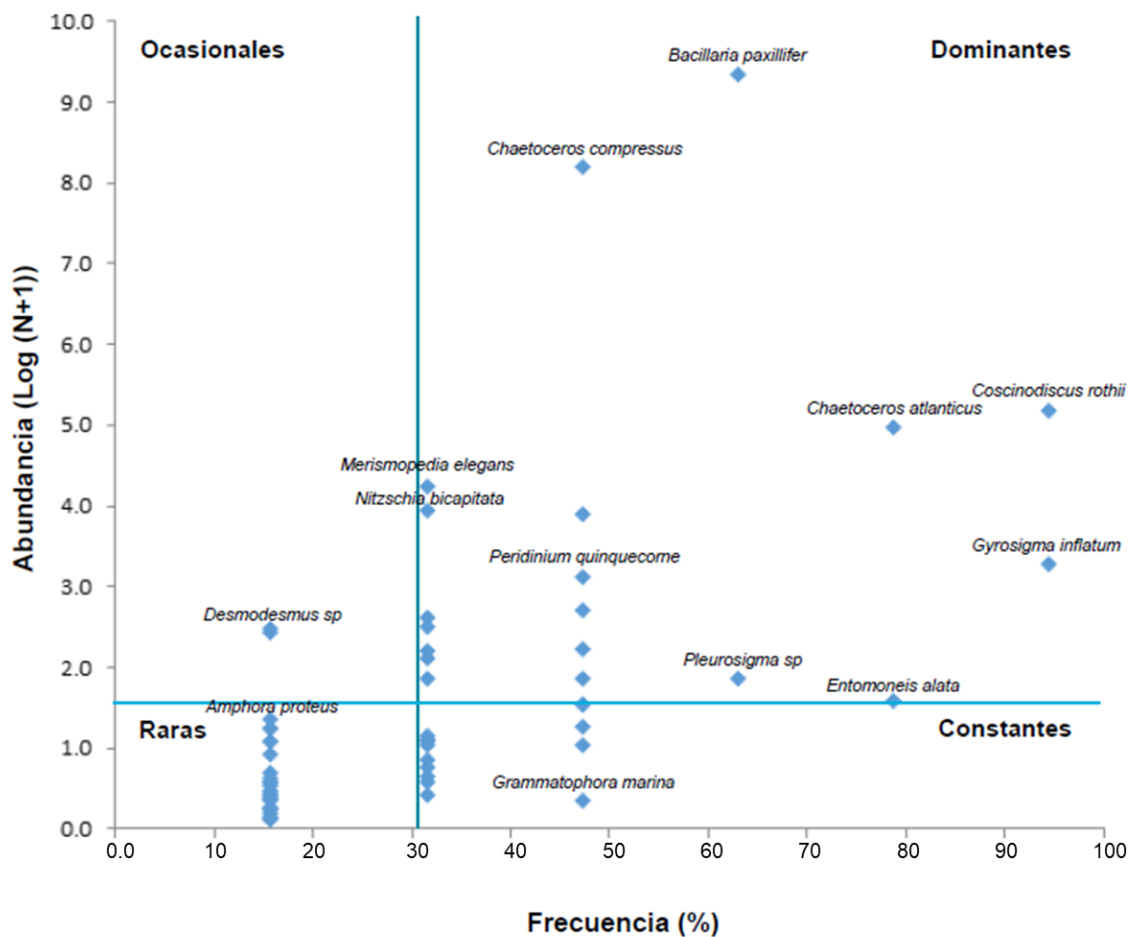


Figura 3. Categorización de las especies fitoplanctónicas de la Laguna de Mandinga, (diagrama de Olmstead-Tukey).

Variables físicas, químicas, nutrientes y clorofila-a. Se encontraron los intervalos de temperatura del agua de 21 a 29°C, la salinidad osciló entre 0 y 32 UPS. Por su parte, en promedio un pH ligeramente alcalino 8.3, un ambiente bien oxigenado 7.6 mg/l. Se encontró que la transparencia y la profundidad fueron mayores en época de lluvias, así como la concentración de clorofila-a (Tabla 4).

Tabla 4. Registros de variables físicas y químicas, nutrientes y clorofila-a durante periodo de estudio. Los números en negritas corresponden al promedio de la variable.

Variable	ICOEST	ICOLL	MCHEST	MCHLL	IAEST	IALL	Intervalo o promedio
Temperatura del agua (C°)	29	22	27	21	28	21	21-29
pH	8.4	8.1	8.8	8.0	8.5	8.1	8.3
Oxígeno disuelto (mg/l)	6.8	9.2	8.4	12	6	3.6	7.6
Alcalinidad (mg/l)	89	220	20	230	80	225	144
Conductividad (µS/cm)	31	36	40	37	20	45	35
Salinidad (UPS)	0	0	32	32	25	25	0-32
Nitratos (mg/l)	1	0	1	0	0	0	0-1
Fosfatos (mg/l)	1	2.2	1	1.1	0	0.1	0-2.2
Clorofila-a (mg/m ³)	3.2	11	3	9.0	3	8.1	3-11
Transparencia (cm)	43	80	28	100	60	200	85
Profundidad (cm)	52	98	28	126	100	420	138

Índice de diversidad. En la tabla 5, se indican el índice de diversidad de Shannon-Wiener para cada una de las estaciones. En este estudio el valor máximo se registró en ICO, con 1.31 bits/ind. durante la época de secas (2018); seguido de la época de lluvias (2017 y 2018) con valores de 1.1 a 1.24 bits/ind.

Tabla 5. Índice de diversidad de Shannon-Wiener (bits/ind) para cada estación por época climática. S/R, sin registro.

Época	Estación 1 ICO	Estación 2 MCH	Estación 3 IA
Lluvias 2017	1.1	0.99	S/R
Secas 2018	1.31	0.84	0.95
Lluvias 2018	1.24	1.13	0.74

Análisis de variables físicas, químicas y fitoplancton. La relación entre las variables físicas, químicas y el fitoplancton en las diferentes estaciones y épocas climáticas fue elaborada a través del análisis de correspondencia canónica (CCA); donde las Bacillariophyta se ubicaron en el cuadrante I, y se encuentra relacionado con la salinidad en las tres estaciones durante la época de lluvias. Dinoflagellata, en el cuadrante II, relacionado con los nitratos, el pH y la temperatura del agua en Isla Conchas e Isla del Amor en época de Estiaje. Chlorophyta, en el cuadrante III junto a la clorofila-a y los fosfatos en la época de lluvias en la estación de Isla Conchas 2017 y 2018, Cyanoprokaryota en el cuadrante IV con relación al oxígeno disuelto en Mandinga Chica en época de estiaje (Fig. 4). Los ejes 1 y 2 explican el 85% de variación.

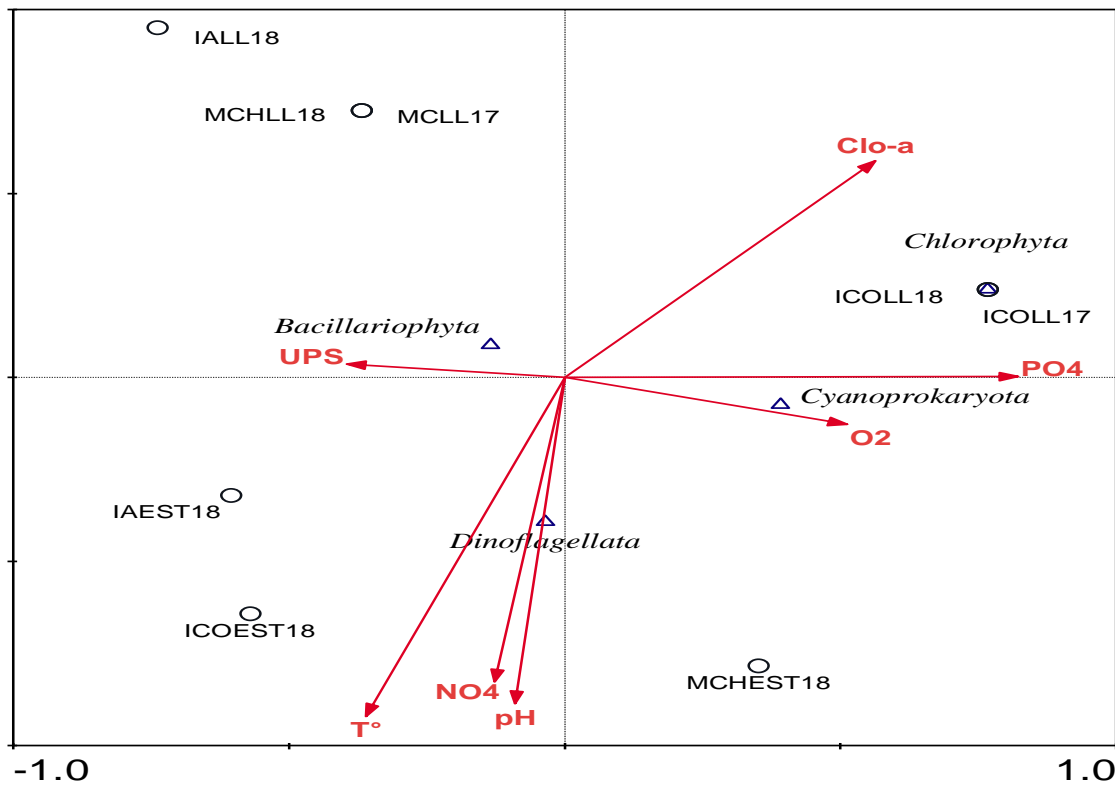


Figura 4. Análisis de Correspondencia Canónica de las variables físicas y químicas, nutrientes, clorofila-a y los *Phyla* en las diferentes estaciones y épocas climáticas (Δ) *Phylum*, (\uparrow) vectores, O₂.- Oxígeno disuelto, NO₃.- Nitratos, PO₄.- fosfatos, Clo-a.- Clorofila-a, UPS.- Salinidad, pH.- pH, T°.- Temperatura, (o) Estaciones de colecta, ICOLL17.- Isla Conchas Lluvia 2017, MCHLL17.- Mandinga Chica Lluvia 2017, ICOEST18.- Isla Conchas Estiaje 2018, MCHEST18.- Mandinga Chica Estiaje 18, IAEST18.- Isla del Amor Estiaje 2018, ICOLL18.- Isla Conchas Lluvia 2018, MCHLL18.- Mandinga Chica Lluvia 2018, IALL18.- Isla del Amor Lluvia 2018.

Para el Análisis de Correspondencia Canónica (Fig. 5) con las especies dominantes y constantes, se observó la conglomeración de dos grandes grupos, uno asociado a la clorofila-a y a los fosfatos, mientras que el segundo, se relaciona con la temperatura, el pH y los nitratos; los ejes 1 y 2, explican el 56% de variación.

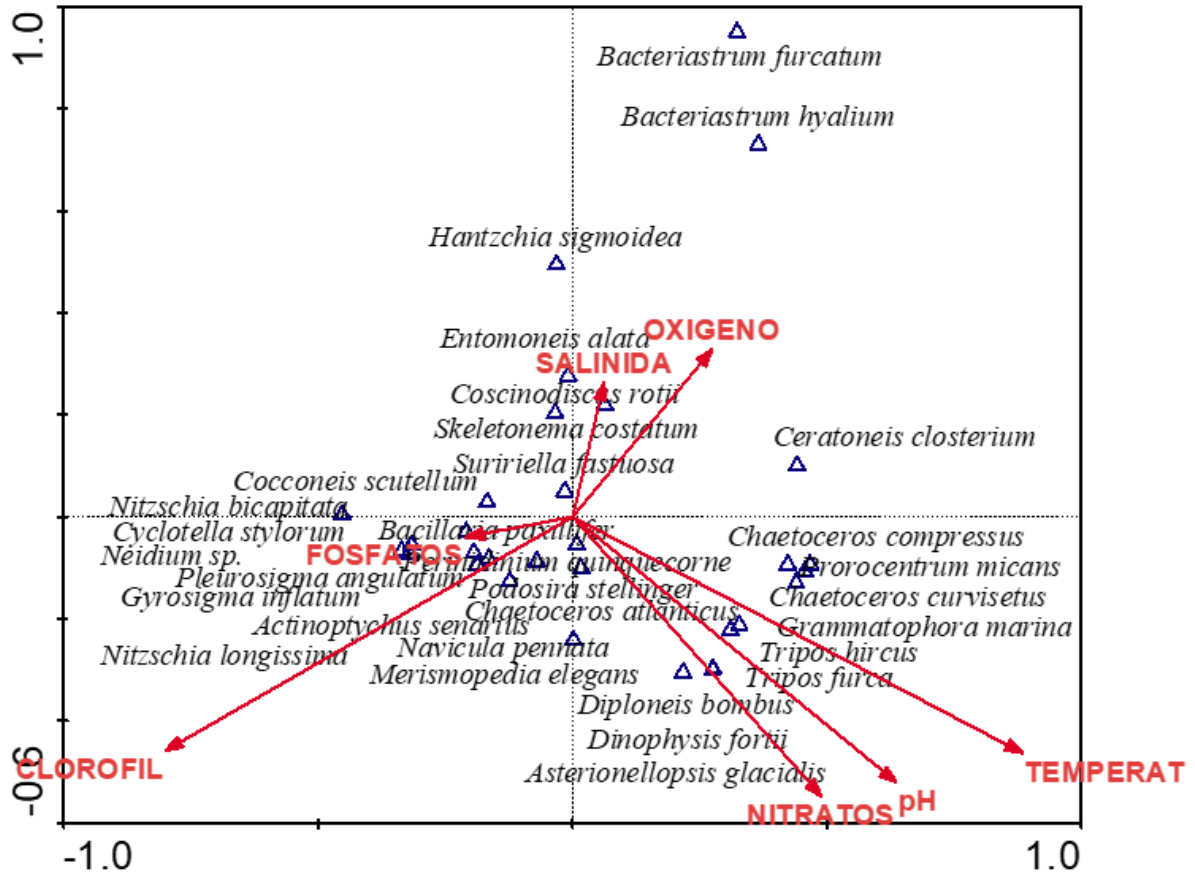


Figura 5. Análisis de Correspondencia Canónica de las variables físicas y químicas, nutrientes, clorofila-a y las especies dominantes (Δ) y (\uparrow) vectores, O_2 - Oxígeno disuelto, NO_3 - Nitratos, PO_4 - Fosfatos, Clo-a.- Clorofila-a, UPS. - Salinidad, pH y T° .

Estado trófico. Según el índice de Carlson, la Laguna de Mandinga registró valores mayores a 100 en todas las estaciones estudiadas por lo tanto se ubica en la categoría de eutrófica durante las épocas climáticas analizadas (Tabla 5).

Tabla 5. Índice de Carlson para cada estación por época climática. ICOLL. - Isla Conchas Lluvia, ICOLL. - Isla Conchas Lluvia, MCHLL- Mandinga Chica Lluvia, MCHEST. - Mandinga Chica Estiaje, IALL. - Isla del Amor Lluvia, IAEST. - Isla del Amor Estiaje.

	ICOLL	ICOEST	MCHLL	MCHEST	IALL	IALLEST
Valor TSI	155	148	147	154	127	123
Estado trófico	Eutrófico					

DISCUSIÓN

Composición de fitoplancton. En este estudio se determinaron 129 *taxa* distribuidos, el Bacillariophyta 68%, seguidas de Dinoflagellata con 24%, %, dicha composición es típica de ambientes eurihalinos. Es decir, la dominancia de diatomeas y dinoflagelados es semejante al registrado en sistemas acuáticos salobre similares como la laguna de Tamiahua con registros de 39 *taxa* de dinoflagelados (Figueroa-Torres & Weiss-Martínez, 1999; Muciño-Márquez *et al.* 2014). Se confirma la presencia de seis géneros de diatomeas: *Chaetoceros*, *Navicula*, *Pleurosigma*, *Pseudo-nitzschia*, *Skeletonema* y *Thalassionema* previamente citados en el área de estudio (Amador & Cabrera, 1994; Barón-Campis *et al.* 2005).

Del total de la ficoflora, se citan por primera vez en el área de estudio: Cyanoprokaryota, Euglenophyta y Chlorophyta. Estos *Phyla* contienen representantes del género *Pseudopediastrum* que tienen la capacidad de crecer en lagunas oligohalinas cuyos intervalos de concentraciones de salinidad son de 0 a 10 UPS. Este género es uno de los componentes típicos del fitoplancton de una laguna polihalina como es el caso de la Laguna de Tamiahua, donde se han registrado salinidades de 18 a 30 UPS (Figueroa-Torres & Weiss-Martínez, 1999).

Se han registrado un total de 131 especies de fitoplancton en los últimos 23 años (Amador & Cabrera, 1994; Barón-Campis *et al.* 2005 y presente estudio). De ellas no se observó *Lioloma* durante el periodo de estudio 2017-2018. En general la riqueza específica del fitoplancton en la Laguna de Mandinga se cataloga como alta; en contraste con lo señalado para otras lagunas costeras, como Tamiahua con 39 Dinoflagellata (Figueroa-Torres & Weiss-Martínez, 1999), Alvarado con 18 especies (Margalef, 1975) y Lagartos con 67 especies (Nava-Ruíz & Váladez, 2012).

En el área de estudio reconocimos 87 especies de diatomeas, que corresponde al 41% de lo conocido para el suroeste del Golfo de México. En particular, los

géneros de mayor riqueza específica fueron *Chaetoceros* con 8 especies y *Nitzschia* con 7. Comparado con las diatomeas registradas para el suroeste del Golfo de México también los géneros con mayor riqueza específica fueron: *Chaetoceros* con 27 especies y *Nitzschia* con 16 (Licea, en prensa). Por otra parte, la presencia de especies de *Pseudo-nitzschia* en el área de estudio permite alerta considerar la vigilancia de ellas por ser agentes causantes de FAN's (Salcedo- Garduño *et al.* 2019).

Con respecto a los Dinoflagellata, las estaciones estudiadas registraron 31 especies, que corresponde al 12% de lo señalado para el suroeste del Golfo de México (Licea *et al.* 2004b); donde el género con mayor cantidad de especies fue *Protoperidinium* con 9. Éste *taxa* se asoció principalmente con la estación de Isla del Amor donde se registró 25 UPS; condiciones que coinciden con la alta diversidad de especies delimitadas para las costas marinas del centro de Veracruz por Okolodkov (2008) donde determinó la presencia de 46 especies del género. Es importante señalar que en las tres estaciones se encontró a *Peridinium quinquecorne* especie causante de mareas rojas, por lo que, como medida preventiva se sugiere continuar con monitoreos constantes en las concentraciones de dicha especie para evitar posibles contingencias.

Para las Cyanoprokaryota fueron determinadas 8 especies en el área de estudio, únicamente en las estaciones de Isla Conchas y Mandinga Chica. Estos *taxa* corresponden al 17.8% de lo citado para el suroeste del Golfo de México (León-Tejera *et al.* 2009). Para este grupo fueron determinadas por primera vez para lagunas costeras de Veracruz, *Merismopedia elegans*, *M. insignis* y *Microcystis wesenbergii*.

Abundancia del fitoplancton. De las 10 especies abundantes en el área de estudio; la máxima cuantificación correspondió al periodo del 2018 en la estación ICO con 307×10^3 cél/ml en época de estiaje. Mientras, que la mínima concentración fue de 76×10^3 cél/ml en la estación MCH en época de lluvias. También, Margalef (1975) encontró bajas cantidades de 4×10^3 cél/ml en época de lluvias y vientos

para el fitoplancton de la laguna de Alvarado, Ver. Es decir, que, en lluvias, se registran las concentraciones mínimas del fitoplancton de ambos sistemas. Esto indica variaciones en la cuantificación del fitoplancton, la cual mostró mayor registro en época de estiaje en el presente trabajo, cuando la profundidad del disco de Secchi fue de 43 cm y donde el picoplancton y nanoplancton podría ser importantes componentes de la producción de clorofila en el sistema. Lo anterior confirma lo señalado por Cloern (1996) quien menciona que, durante los periodos de lluvias, se asocian épocas de ciclones, huracanes, tormentas tropicales y trombas que producen cambios en el ecosistema, así como sus componentes, por ejemplo la salinidad, nutrientes, vientos y el aporte de agua dulce por los afluentes, por lo tanto, el fitoplancton no se puede desarrollar óptimamente. En contraste, para la época de estiaje, donde las condiciones se mantienen semejantes algunos componentes del fitoplancton puede crecer y ser más abundante.

La especie con mayor abundancia para el área de estudio fue *Bacillaria paxillifera*, está diatomea según Jahn & Schmid, (2007) ha sido registrada en todo el mundo, tanto en hábitats de agua dulce, salobre y marina, por lo que es señalada como un taxón ubicuo. Por lo tanto, a pesar de los cambios en las condiciones limnológicas estas especies no ven limitado su crecimiento.

Dominancia de especies. La Laguna de Mandinga mostró una composición fitoplanctónica constituida por diatomeas y dinoflagelados en un 92%. Algunos autores han mencionado que las Bacillariophyta y Dinoflagellata suman aproximadamente el 80% de las especies eucariotas del fitoplancton marino (Licea *et al.* 2004^a, b, 2011; Simón *et al.* 2009; Parra-Toriz *et al.* 2011) lo cual concuerda con lo mencionado en estudios para distintas lagunas costeras. En contraste, en laguna de Lagartos, Q. Roo (Nava-Ruiz & Váladez, 2012) en los últimos años, más del 80% de su comunidad fitoplanctónica, está conformada por Cyanoprokaryota, lo cual indica que el sistema se encuentra en condiciones eutróficas.

Variables limnológicas. A partir de los datos obtenidos durante el 2017-2018 (tabla 4) las variables mostraron las siguientes coincidencias. La temperatura superficial del agua osciló entre 21 y 29°C en época de estiaje, mientras en época de lluvia fue de 21 a 22°C. Por lo cual, durante estiaje la temperatura del agua entra en la clasificación de ambientes tropicales según Reid & Wood (1976). También coincide con lo señalado por Lara-Domínguez *et al.*, (2011), para varias lagunas de Veracruz, así como por Amador & Cabrera (1994) con previos registros de temperatura con un promedio de 27°C. Así mismo, es semejante a los registros de agosto y diciembre de temperatura (23 a 30°C) para la laguna de Alvarado (Margalef, 1975). Esta oscilación de intervalos de temperatura no rebasa los límites de tolerancia térmica, máximo 35°C, la cual afectaría a los organismos acuáticos como peces del sistema (Lara-Domínguez *et al.* 2011).

pH. Para el área de estudio, el valor promedio del pH fue de 8.3, mientras que el mínimo fue de 8 en temporada de lluvias, condiciones químicas ligeramente básicas por la influencia del agua marina sobre las lagunas costeras como lo indican López-Ortega *et al.*, (2012). Sin embargo, en ésta laguna hace un par de décadas el pH tuvo registros de 7.2 (Amador & Cabrera, 1994).

Por otra parte, para otras lagunas costeras de Veracruz, como la Laguna de Tapamachoco, Contreras & Warner (2004) indican pH de 8,0-8,2, para los periodos 1979-1980; 1990-91 y 1994-95. Mientras, para los inviernos de 2009 y 2010 los pH registrados fueron de 7.1 a 7.8, datos que se explican por la degradación de la materia orgánica o por la remoción del sedimento, por efectos de la corriente, la cual causan remineralización (López-Ortega *et al.* 2012).

Salinidad. Los registros de salinidad en el presente estudio oscilaron entre 0-32 UPS, por lo cual se incluye como una laguna eurihalina. Por tanto, no se confirma en categoría polihalina (10-20 UPS) como ya lo había señalado Amador & Cabrera (1994), Contreras (2001) y Lara-Domínguez *et al.*, (2011). Así mismo Salcedo-Garduño *et al.*, (2019) señalaron valores en un intervalo de 21 a 31 UPS.

Oxígeno disuelto. Los valores obtenidos de oxígeno disuelto fueron de 6-12 mg/l, por lo que se le reconoce a este ambiente como bien oxigenado (Chapra & Pelletier, 2003). Por su parte, Amador & Cabrera (1994) señalaron valores de 1.7 a los 9.4 mg/l; así como, Lara-Domínguez *et al.*, (2011) indicaron de 3 a 4 mg/l y Salcedo-Garduño *et al.*, (2019) informaron valores de 6.7 a 9.3 mg/l. Considerando los valores obtenidos previamente y los del periodo de estudio, se confirma lo señalado por Lara-Domínguez *et al.*, (2011) para las lagunas costeras del Golfo de México donde el eficiente patrón de circulación y renovación de sus aguas, así como una intensa actividad de productores primarios, permiten una dinámica de esta condición limnológica en un ambiente costero bien oxigenado.

Nutrientes y clorofila-a. Los valores de nitratos para la Laguna de Mandinga fueron de 0-1 mg/l mientras, los valores de fosfatos fueron de 0-2.2 mg/l. En principio, en la época de lluvias fueron registrados los valores más altos, explicándose esto por la incorporación y el arrastre de los nutrientes en la cuenca. En contraste, Barreiro (2002) indicó que estos nutrientes para el área de estudio eran de mayor magnitud, con 0.7–3.4 mg/l de fosfatos durante el periodo (1998-2001) por su parte, Salcedo-Garduño *et al.*, (2019) señalaron concentraciones de nitratos de 0.2 a 20 μM y fosfatos de 0.8 a 2.9 μM durante el semestre noviembre 2011- abril 2012.

Contreras *et al.*, (1996) indicaron que los nitratos de 33 lagunas costeras mexicanas oscilaron entre 49 a 70 mg/m^3 , y corrobora que estos nutrientes generalmente son más altos en época de lluvia. Éstos valores no corresponden con los intervalos de nutrientes determinados en lagunas costeras de Veracruz, donde la cantidad de nitratos fueron de 50 a 140 mg/m^3 y fosfatos de 0 a 155 mg/m^3 (Lara-Domínguez *et al.* 2011). En particular, Vázquez *et al.*, (2007) mencionan para lagos eutróficos de Chalchoapan, Verde y Mogo, Veracruz cantidades de 1.6, 1.1, 1.4 mg/l de nitratos, así como 0.9, 1.5 y 1.8 mg/l de fósforo respectivamente.

Los niveles de clorofila-a, durante el periodo de estudio en la Laguna de Mandinga registraron un intervalo de 3-11 mg/m³, lo cual implica baja productividad primaria en el sistema; Barreiro (2002) en el periodo 1998-2001 señaló para el sistema estuarino Boca del Río-Mandinga la concentración de clorofila-a de 3.4 a 22± 2.3 mg/m³. así mismo Contreras *et al.*, (1996) y Lara-Domínguez *et al.*, (2011) registraron valores de 30-40 mg/m³, lo cual indica que en otra época el registro fue mayor. Salcedo-Garduño *et al.*, (2019) indicaron valores de 8 a 15mg/m³ en las mismas épocas climáticas.

Otras lagunas costeras de Veracruz, como la laguna de La Mancha, registró 9.4 mg/m³ (Villalobos *et al.* 1984), mientras que para, 1991, tuvo valores de 19.4 mg/m³ de clorofila-a. Por otro lado, en la laguna de Tapamachoco fueron registrados, en 1980, valores de 10 a 20 mg/m³ y en 1990 la concentración de clorofila-a osciló de 20 a 30 mg/m³ lo que indica que existen cambios en la dinámica limnológica a través del tiempo, asociadas a la abundancia de organismos fotosintéticos, que, a su vez, son responsables de las concentraciones de oxígeno disuelto que alcancen en la columna de agua (Verver y Vargas-García, 2005).

Durante el periodo de lluvias se observaron la máxima concentración de clorofila-a, transparencia de Secchi (Tabla 4) y menor abundancia fitoplanctonica con respecto al periodo de secas (Tabla 3). Estas diferencias en la clorofila a y las abundancias muy probablemente respondieron a que en el presente trabajo no se cuantificó la fracción del picoplancton y nanoplancton (fotosintético) en ambos periodos cuyas variables de iluminación y mezcla en la columna de agua contribuyeron a estas diferencias.

Índice de diversidad. El índice de Shannon-Wiener más alto en éste estudio fue de 1.31 bits/ind; valor que indica alta dominancia de algunas especies y poca equitatividad. Estos resultados son semejantes, con algunas lagunas salobres de España donde se registró un índice de 2 bits/ind; en contraste los valores

cercanos a 4, que corresponden a una alta diversidad y equitatividad en lagunas permanentes, donde se presentan una mayor diversidad que las lagunas temporales, en las cuales, los valores oscilan entre 2.6 y 3.9 bits /ind. (Soria & Ros, 1991).

Relación fitoplancton y variables físicas, químicas, nutrientes y clorofila-a. Según los CCA (Figuras 4 y 5), la presencia de las diatomeas está determinada por la salinidad en época de lluvias en Isla del Amor y en Mandinga Chica 2017 y 2018. Se ha sugerido que, aunque algunas microalgas, en especial las diatomeas, pueden estar adaptadas en su metabolismo a ambientes salinos, o bien pueden tener la capacidad de tolerar cambios de salinidad. Sin embargo, otras son estenohalinas y por lo cual es limitado su crecimiento (Cupp, 1943; Raven *et al.* 1999). En específico, algunos géneros que fueron abundantes en el presente estudio, entre ellos *Chaetoceros*, *Grammatophora*, *Gyrosigma*, *Skeletonema*, *Nitzschia*, han sido utilizado como indicador de salinidad en estudios previos, y se encuentran asociadas con amplios rangos de temperatura, lo cual les ubica en la categoría de euritéricas y eurihalinas (Castillo & Oviedo, 1990; Ortega-Mayagoitia & Rojo, 2000; Uribe, 2003).

La clorofila-a, los fosfatos y salinidad (cero), explican la existencia de las especies de Chlorophyta en la temporada de lluvias en Isla Conchas, esto se encontraría relacionado con las variables señaladas, así como las condiciones ambientales registradas por ejemplo en el género *Pediastrum sensu lato* para el centro de Europa y México (Lenarczyk, 2015; Garduño *et al.* 2016). De igual forma, las Cyanoprokaryota, están asociadas por el oxígeno disuelto en la época de estiaje en Mandinga Chica, dicho grupo, se caracteriza por la capacidad de adaptación que tienen para sobrevivir en diversos hábitats extremos, apoyadas en los aerótopos, acinetos y heterocitos, estructuras especializadas para sobrevivir en aguas donde la cantidad de nutrientes y oxígeno pueden oscilar ampliamente (Ajani & Rissik, 2009).

Mientras que los nitratos, la temperatura del agua y el pH explican la presencia de los dinoflagelados en la temporada de estiaje en Isla Conchas e Isla del Amor, los cuales son organismos que soportan amplios intervalos de temperatura, según Rojas & Ortiz (2007), éste grupo muestra una correlación entre la temperatura y la abundancia éstos organismos. Así mismo, mencionan que no se ha encontrado la relación entre la salinidad y los dinoflagelados, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Estado trófico. A partir del índice de estado trófico de Carlson, se caracterizó a la Laguna de Mandinga como eutrófica, obteniendo en todas las estaciones estudiadas en ambas épocas climáticas un índice promedio de 142, lo cual corresponde con lo mencionado por Conteras-Espinosa *et al.*, (1994) quienes señalan un valor de 65 para la Laguna de Mandinga, clasificándola también en estado eutrófico.

Es importante mencionar que el resultado de este índice incluye los valores los ortofosfatos y no de fosfatos totales, por lo que deben ser considerados como resultados preliminares.

En general, los registros de las variables, junto con la diversidad del fitoplancton muestran temporalidad, lo cual refleja variaciones en la laguna, probablemente causadas por el impacto humano en las actividades de la laguna, la precipitación pluvial así como el aporte de los afluentes.

CONCLUSIONES

1. Este trabajo amplía el conocimiento del fitoplancton con un total de 129 *taxa* distribuidos en cinco *Phyla*, donde 87 y 31 especies corresponden diatomeas y dinoflagelados respectivamente.
2. Se reconocieron 117 nuevos registros para el área de estudio, donde se incluyen por primera vez Euglenophyta, Cyanoprokaryota y Chlorophyta.
3. *Bacillaria paxillifera*, *Chaetoceros compressus*, *Coscinodiscus rothii* y *Chaetoceros atlanticus* fueron las especies más abundantes.
4. Con base en las variables limnológicas el área de estudio corresponde a una laguna costera, tropical somera, eurihalina, bien oxigenada, ligeramente mineralizada en un clima cálido.
5. La ficoflora determinada corresponde a un ambiente salobre, donde las características físicas y químicas no son constantes, por lo que cerca de la mitad de la comunidad fitoplanctónica correspondió a especies raras.
6. El análisis de correspondencia canónica indicó que las diatomeas se relacionan más con salinidades marinas. Por su parte, los fosfatos, clorofila-a se agregaron las Chlorophyta y Cyanoprokaryota. Mientras, los nitratos, temperatura del agua y pH mostraron mayor relación con los dinoflagelados.
7. El análisis de correspondencia canónica de las especies dominantes, asoció a las diatomeas con la salinidad, el oxígeno disuelto, los fosfatos y la clorofila-a, mientras que los dinoflagelados tuvieron una mayor relación con los nitratos, el pH y la temperatura.
8. Las estaciones analizadas presentaron valores del índice del estado trófico de Carlson entre 123 a 155, lo cual se interpreta como un ambiente eutrófico en las épocas estudiadas. Sin embargo, se sugiere confirmar esta información considerando los fosfatos totales.

LITERATURA CITADA

- Acosta, R.J.M. & Lam, L.J.R. 1978. Resultados físicos y químicos del estudio de variación diurna del área central de Bahía Magdalena, B.C.S. *Ciencias del Mar* 7(1):37-46.
- Ajani, P. & Rissik, D. 2009. *Coastal and marine phytoplankton: diversity and ecology*. En: I.M. Suthers & D. Rissik (eds.). *Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality*. pp. 141-156. CSIRO Publishing, Australia.
- Aké-Castillo, J.A. 2006. Contribución y efecto de la hojarasca derivada de mangle en la productividad primaria y composición del fitoplancton de una laguna costera. Tesis de doctorado, Instituto de Ecología, Xalapa, Ver., 150 pp.
- Aké-Castillo, J., Meave del Castillo, M.E. & Hernández-Becerril, D. 1995. Morphology and distribution of species of the diatom genus *Skeletonema* in a tropical coastal lagoon. *European Journal of Phycology* 30:107-115.
- Aké-Castillo, J. & Vázquez, G. 2011. *Peridinium quinquecorne* var. *trispiniferum* var. *nov.* (Dinophyceae) from a brackish environment. *Acta Botánica Mexicana* 94: 125-140.
- Aldasoro, S.G.A. 2015. La microcuenca de Mandinga: aportaciones a su historia ambiental Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Universidad Veracruzana, Veracruz. Mexico. 79pp.
- Allen, T.F.H. & Starr, T.B. 1982. *Hierarchy: Perspectives for ecological complexity*. University of Chicago Press. Chicago, 310 pp.
- Alonso-Rodríguez, R., Hernández-Becerril, D.U. & Gárate-Lizárraga, I. 2008. *Catálogo de microalgas de las lagunas costeras de Sinaloa*, Serie Lagunas Costeras de Sinaloa. Universidad Nacional Autónoma de México, 198 pp.
- Álvarez, B.J. & Álvarez, B.S. 1982. Temporal and spatial variability of temperature in two coastal lagoons. *CALOOFI Rep.* 23:188-197.
- Amador, A.L.E. & Cabrera R.P. 1994. Variación anual (marzo-1987, marzo-1988) de dos diatomeas en el sistema lagunar Boca del Río-Mandinga, Veracruz, México. Res. VII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología (SOMPAC).
- APHA, AWWA, WPCF. 1995. *Standar methods for the examination of water and waste water*. American Public Health. 20 ed. Washington, USA. 1269 pp.
- Barón-Campis, S.A., Hernández-Becerril, D.U., Juárez-Ruíz, N.O. & Ramírez-Camarena, C. 2005. Marea roja producida por el dinoflagelado *Peridinium quinquecorne* en Veracruz, México (oct-nov, 2002): morfología del agente causal. *Hidrobiológica* 15 (1): 73-78.
- Barreiro, G.M.T., 2002. Patrones de variación espacio-temporal de la concentración de clorofila *a*, en el sistema estuarino Boca del Río-Mandinga, Ver. Res. XII Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología (SOMPAC).
- Bicudo, C.E. & Menezes, M.A. 2017. *Generos de algas de aguas continentais do Brasil: chave para identificacao e descricoes*. 3a. ed. Sao Carlos: RiMa. 572 pp.
- Bricker, S.B., Ferreira, J.G. & Sima, T. 2003. An integrated methodology do assessment of estuarine trophic status. *Ecological Modelling* 169:39-60.
- Brouillon-Moreno, L., Díaz-Barriga, A.C., Eccardi-Ambrosi, F., Lira-Fernández, R., Ramírez-Ruíz, J., Velarde-González, E. & Zavala-González, A. 1988. *Islas del Golfo de California*. Secretaría de Gobernación/ Universidad Nacional Autónoma de México. 292pp.
- Carlson, R. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography* 22(2): 361-369.

- Castillo, F.A. & Oviedo, O.L. 1990. Distribución y abundancia de las diatomeas del Pacífico colombiano durante los cruceros PACÍFICO XI-XII ERFEN VIII-IX. Memorias VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar.
- Chapra, S.C. & Pelletier, G.J. 2003. QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River And Documentation User Manual, Civil and Environmental Engineering Department. Rufits University, Medford, MA. 121pp.
- Cloern, J.E. 1996. Phytoplankton bloom dynamics in coastal ecosystems: a review with some general lessons from sustained investigation of San Francisco Bay, California. *Reviews of Geophysics* 34(2): 127-16.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2012. www.conagua.gob.mx Consulta 17 junio 2019.
- Contreras, E.F. 1985. Comparación hidrológica de tres lagunas costeras del estado de Veracruz, México. *Universidad y Ciencia UJAT*. 2: 47-56.
- Contreras, F. 1994. *Manual de técnicas hidrobiológicas*. México. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Ed. Trillas, 141 pp.
- Contreras, E.F., Castañeda, L. O., Torres-Alvarado, R. & Gutiérrez, M.F. 1996. Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas. *Revista de Biología Tropical*. 44(2): 417-425.
- Contreras, E. 2001. *Caracterización de lagunas costeras mexicanas a través de variables ecológicas seleccionadas*. Tesis de doctorado. UAM Iztapalapa. 95pp.
- Contreras, E.F. & Warner, B.G. 2004. Ecosystem characteristics and management considerations for coastal wetlands in Mexico. *Hydrobiologia* 511 (1- 3): 233-245.
- Contreras-Espinosa, F., Castañeda-López, O. & García-Nagaya, A. 1994. La clorofila "a" como base para un índice trófico en lagunas costeras mexicanas. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, UNAM. 21:55-66.
- Cortés-Altamirano, R. 2010. *Las mareas rojas*. AGT Editor. México. 161pp.
- Cupp, E.E. 1943. *Marine Plankton diatoms of the west coast of north America*. University of California Press, Berkeley. E.U. 237 pp.
- Devi Prasad, A.G. & Siddaraju, 2012. Carlson's Trophic State Index for the assessment of trophic status of two Lakes in Mandya district. *Advances in Applied Science Research* 3 (5): 2992-2996.
- Edler, L., & Elbrächter, M. 2010. *The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis*. En: B. Karlson, C. Cusack, E. Bresnan (Eds.), Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis. 3-20 pp. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.
- Ferrario, M.E., Sar, E., Salas, S., 1995. Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomeas. En: Alveal, K., M.E. Ferrario, E.C. Oliveira, E. Sar (eds). Manual de métodos ficológicos. pp. 1-19. Ed. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Figueroa-Torres, M.G. & Weiss-Martínez, I. 1999. Dinoflagelados (Dinophyceae) de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. *Revista Biología Tropical* 47 (1): 43-46.
- Garduño, S.G., Licea, S., Oliva-Martínez, M.G. & García-Gómez, M.A. 2009. *Dinoflagelados*. Universidad Nacional Autónoma de México. 107 pp.
- Garduño, S.G., Guillen-Ruiz, D.L., Martínez-García, M., Quintanar-Zúñiga, R.E., Campos, J.E. & Comas-González, A. 2016. *Pediastrum sensu lato* (Chlorophyceae) of central Mexico. *Cryptogamie Algologie* 37(4): 273-295.
- Gómez, F. 2012. A checklist and classification of living dinoflagellates (Dinoflagellata, Alveolata). *CICIMAR Océánides* 27(1): 65-140.
- Gómez-Aguirre, S. 1998. Red tide occurrences recorded in Mexico from 1980 to 1992. *Anales Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México* 69 (1): 13-22.

- Guiry, M.D., & Guiry, G.M. 2019. Algbase world-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available at <http://www.algabase.org>.
- Hasle, G.R., & Fryxell, G.A. 1970. Diatoms: cleaning and mounting for light and electron microscopy. *Transactions of the American Microscopical Society* 89: 469-474.
- Hernández-Becerril, D.U. 1993. *Fitoplancton marino en México*. En: Salazar-Vallejo & N.E. Gonzáles (Eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. pp. 39-53. CONABIO y CIQRO., México.
- Holmgren, K.H., Holmgren, N.H., & Barnett, L.C. 1990. *Index Herbariorum*. Part I: The herbaria of the world. 8th edition, New York. New York Botanical Garden.
- Hoppenrath, M., Elbrächter, M., & Drebes, G. 2009. *Marine Phytoplankton*. Senckenberg, 264 pp.
- IPhone modelo 7, App, Ultraviolet, desarrollador ©Robocat
- Jahn, R. & Schmid, A.M.M. 2007. Revision of the brackish-freshwater diatom genus *Bacillaria* Gmelin (Bacillariophyta) with the description of a new variety and two new species, *European Journal of Phycology* 42:3, 295-312.
- Jiménez-Aponte, M.O. 1988. Composición y variación estacional de la comunidad planctónica en la laguna Grande-Chica de Vega de Alatorre, Veracruz, México. Tesis profesional, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., 49 pp.
- Kennish, M.J. 1986. *Ecology of Estuaries, Physical and Chemical Aspects*. CRC Press, Florida, 254 pp.
- Kjerfve, B. & Magill, K.E. 1989. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. *Marine Geology* 88: 187-199.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1999. *Cyanoprokariota 1. Teil: Oscillatoriales*. Gustav Fischer, Jena Stuttgart Lubeck Ulm, Band 19/1, 548 pp.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 2002. *Cyanoprokariota 2. Teil: Chroococcales*. Spektrum Akademischer Verlag, Band 19/2, Italy, 759 pp.
- Kumar, H.D. & Sing, H.N. 1979. *A text book on algae*. The MacMillan Press LTD. Hong Kong. 216 pp.
- Lankford, R.R. 1977. *Coastal lagoons of Mexico, Their origin and classification*. En: M. Wiley (ed.), *Estuarine Process*, Academic Press, 230 pp.
- Lara, L.R. & Álvarez, B.J. 1975. Ciclo anual de clorofitas y producción orgánica primaria en Bahía San Quintín, B.C. *Ciencias del Mar* 2(1): 77-96.
- Lara-Domínguez, A.L., López-Portillo, J., Martínez-González, R & Vázquez-Lule, A. D. 2009. Caracterización del sitio de manglar Mandinga. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). *Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*. México. D.F., 17pp.
- Lara-Domínguez, A.L., Contreras-Espinosa, F., Castañeda-López, O., Barba-Macías, F. & Pérez Hernández, M.A. 2011. *Lagunas costeras y estuarios*. En: La Biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado, vol. 2. CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología.
- Lara-Lara, J.R., Fuentes, V.A., Bazán, C.G., Díaz, V.C., Escobar, E.B., García, M.A. G.C. Gaxiola, G.C., Robles, G.J., Sosa, R.A., Soto, A.G., Tapia. M.G. & Valdez-Holguín, J.E. 2008. *Los ecosistemas marinos, en Capital Natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. pp.135-159. CONABIO, México.
- Lenarczyk, J. 2015. *Pediastrum Meyen sensu lato* (Chlorophyceae) in the phytoplankton of lowland and upland water bodies of Central Europe (Poland). *Fottea, Olmouc* 15 (2): 165-177.

- León-Tejera, H., Gold-Morgan, M., & Montejano, G. 2009. *Benthic Cyanophyta*. En: D.L. Felder & D.K. Camp (ed.). Gulf of Mexico. Origin, waters and Biota. Vol. 1 Biodiversity. pp. 47-57. Texas A. & M. University Press, College Station, Texas.
- Licea, S., Moreno, J.L., Santoyo, H. & Figueroa, G. 1995. *Dinoflageladas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. SEP-FOMES PROMARCO. México. 165 pp.
- Licea, S., Zamudio, M.E., Luna R., Okolodkov, Y.B. & Gomez Aguirre, S. 2004^a. *Toxic and Harmful Dinoflagellates in the Southern Gulf of Mexico*. pp. 380-382. En: Steidinger, K.A., J.H. Landsberg, C.R. Tomas & G.A. Vargo. *Harmful Algae 2002*. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission Florida Institute of Oceanography and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, St. Petersburg, Florida. USA.
- Licea, S., Zamudio, M.E., Luna, R. & Soto, J. 2004b. Free-living dinoflagellates in the southern Gulf of Mexico: Report of data (1979-2002). *Phycological Research* 52: 419-428.
- Licea, S., Zamudio, M.E., Moreno-Ruiz, J.L. & Luna, R. 2011. A suggested local regions in the southern Gulf of Mexico using a diatom database (1979-2002) and oceanic hydrographic features. *Journal of Environmental Biology* 32: 443-453.
- Licea, S. *Diatoms from the Southern Gulf of Mexico*. 256 pp. (en prensa).
- López-Barreiro, M.T., Villarreal, T. & Barreiro-Güemes, M.T. 1999. Identificación por inmunofluorescencia de *Aureoumbra lagunensis*, especie causante de la marea café de Texas, en el Golfo de México, en X Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología, III International Meeting of Planktology, 28-30 de abril 1999, Mazatlán, Sinaloa, p. 12.
- López-Ortega, M., Pulido-Flores, G., Serrano-Solís, A., Gaytán-Oyarzún, J.C., Monks-Sheets, W.S. & López-Jiménez, M.A. 2012. Evaluación estacional de las variables fisicoquímicas del agua de la Laguna de Tapamachoco, Veracruz, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 12(3): 713-719.
- Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurements*. Princeton University Press. New Jersey. U.S.A. 179pp.
- Margalef, R. 1975. Fitoplancton invernal de la laguna costera de Alvarado (México). *Anales del Instituto de Botánica Cavanilles* 32(2): 381-387.
- Márquez, G.A.Z. 1992. Algunos aspectos fisiográficos, fluviales y sedimentológicos de la cuenca hidrográfica asociada a la Laguna de Mandinga, Veracruz. *Resumen III Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología (SOMPAC)*.
- Millán, N.E., Ortiz, C.F.J. & Álvarez, B.S. 1981. Variabilidad temporal y espacial de nutrientes y fitoplancton en una laguna costera a finales de verano. *Ciencias del Mar* 7(1): 103-128.
- Millán, N.R., Álvarez, B.S. & Nelson, D.M. 1982. Effects of physical phenomena on the distribution of nutrients and phytoplankton productivity in a coastal lagoon. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 15: 317-335.
- Moreno, J.L. 2003. *Fitoplancton*. En: G.E. De la Lanza & P. Hernández (Eds.). Manual para la colecta, el manejo y las observaciones de campo para bioindicadores de la calidad del agua. pp. 43-107. AGT Editor. México.
- Moreno, J.L., Licea, S. & Santoyo, H. 1996. *Diatomeas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México. 273 pp.
- Moreno-Casasola, P., Rojas Galaviz, J.L., Zárate Lomelí, D., Ortiz, M.A., Lara-Domínguez, A.L. & Saavedra, T. 2002. Diagnóstico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática. *Madera y Bosques* 8: 61-88.

- Muciño-Márquez, R.E., Figueroa-Torres, M.G. & Aguirre-León, A. 2014. Composición fitoplanctónica en los sistemas fluvio-lagunares Pom-Atasta y Palizada del Este, adyacentes a la laguna de Términos Campeche, México. *Acta Biológica Colombiana* 19(1): 63-84.
- Nava-Ruiz, V.M. & Váladez, F. 2012. Flora planctónica de laguna Lagartos, Quintana Roo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 561-582.
- Navarrete-Rodríguez, G., Landeros-Sánchez, C., Castañeda-Chávez, M.R. & Lango-Reynoso, F. 2016. Dinámica de la actividad ostrícola en el Sistema Lagunar Mandinga, Veracruz. *En: Lango-Reynoso, F., Castañeda-Chávez, M. R., Galaviz-Villa, I. Montoya-Mendoza, J., Adame-García, J., Martínez-Henández, M. J., Del Ángel-Pérez, A.L, Gallardo-López, F., Landeros-Sánchez, C. (Eds). 2-23 pp. Agro Veracruzano. Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla.*
- Okolodkov, Y.B. 2005. *Protoberidinium* Bergh (Dinoflagellata) in the southeastern Mexican Pacific Ocean: part I. *Botanica Marina* 48: 284-296.
- Okolodkov, Y.B. 2008. *Protoberidinium* Bergh (Dinophyceae) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico, with a key for identification. *Acta Botánica Mexicana* 84: 83-149.
- Okolodkov, Y.B. & Blanco, R. 2011. *Ecología y productividad primaria de microalgas marinas y mixohalinas. En: La Biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado, vol. 2. CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología.*
- Okolodkov, Y.B., Campos-Bautista, G., Gárate-Lizárraga, I., González-González, J.A.G., Hoppenrath, M. & Arenas, V. 2007. Seasonal changes of benthic and epiphytic dinoflagellates in the Veracruz reef zone, Gulf of Mexico, *Aquatic Microbial Ecology* 47: 223-237.
- Ortega-Mayagoitia, E. & Rojo, C. (2000). Fitoplancton del Parque Nacional Las Tablas de Daimiel. III. Diatomeas y Clorofitas. *Anales Jará. Botánica de Madrid* 58(1): 17-37.
- Parra, O., Valdovinos, C., Urrutia, R., Cisternas, M., Habit, E. & Mardones, M. 2003. Caracterización y tendencias tróficas de cinco lagos costeros de Chile Central. *Limnetica* 22(1-2): 51-83.
- Parra-Toriz, D., Ramírez-Rodríguez, M.L.A. & Hernández-Becerril, D.U. 2011. Dinoflagelados (Dinophyta) de los órdenes Protocentrales y Dinophysiales del Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Revista de Biología Tropical* 59 (1): 501-514.
- Raven, P., Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 1999. *Biology of plants*. Company Worth Publishers, New York. 944 pp.
- Reid, G.K. & Wood, R.D. 1976. *Ecology of inland waters and estuaries*. Ed. D. Van Nostrand Company. 2a ed. New York, USA. 485 pp.
- Rines, J.E.B. & Hargraves, P.E. 1988. The *Chaetoceros* Ehrenberg (Bacillariophyceae) Flora of Narragansett Bay, Rhode Island, U.S.A. J. Cramer. 195 pp.
- Rojas, H.P. & Ortíz, R.J. 2007. Comportamiento del fitoplancton durante el evento *Enos* en el Océano Pacífico Colombiano. *Ingeniería de recursos naturales y del ambiente* 6: 5-15.
- Round, F.E., Crawford R.M. & Mann D.G. 1990. *The Diatoms, biology and Morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge. 747pp.
- SAGARPA. 2012. Municipio de Medellín. Informe técnico. Veracruz, Veracruz.
- Salcedo-Garduño, M.G., Castañeda-Chávez, M.R., Lango-Reynoso, F., Sosa-Villalobos, C.A., Landeros-Sánchez, C. & Galaviz-Villa, I. 2019. Influence of physicochemical parameters on phytoplankton distribution in the lagoon system of Mandinga, México. *Revista Bio Ciencias* 6: 1-25.

- Simón, N., Cras, A.L., Foulon, E. & Lemée, R. 2009. Diversity and evolution of marine phytoplankton. *C. R. Biologies* 332:159-170.
- Sokal, R. & Rohlf, F.J. 1981. *Biometry: the principles and practices of statistics in biological research*. Freeman and Company. San Francisco, California. 259 pp.
- Soria, J.M. & Ros, M. 1991. Relación entre el fitoplancton y la salinidad de las lagunas intradunares de la dehesa de la Albufera (Valencia). *Acta Botánica Malacitana* 16(1): 43-50.
- Steidinger, K.A., Faust, M.A. & Hernández-Becerril, D.U. 2009. *Dinoflagellates (Dinoflagellata) of the Gulf of Mexico*. En: D.L. Felder & D.K. Camp (ed.). *Gulf of Mexico Origin, Waters and Biota*. pp. 131-154. Texas A & M University Press, College Station, Texas.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. 1977. *A practical handbook of seawater analysis*. Minister of Supply and Services, Canadá. 310pp.
- Taylor, F.J.R. 1978. *Dinoflagellates* (Cap. 6 Identification problems. Some specific preparations) En: A. Sournia (ed). *Phytoplankton manual*. Monographs on Oceanographic Methodology 6. pp. 143-147. UNESCO. Paris.
- Ter-Braak, C.J.F & Smilauer, P. 2009. *CANOCO for Windows version 4.5*. Biometrics-Plant Research International, Wageningen.
- Tilman, D. 1982. *Resource competition and community structure*. Princeton University Press, Princeton, NJ. 296 pp.
- Tomas, C.R. 1997. *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press, San Diego, 858 pp.
- Uribe, H.J. 2003. Relación entre las condiciones ambientales y la comunidad fitoplanctónica (diatomeas y dinoflagelados) de la Cuenca del Pacífico colombiano (1996–2001). Bogotá. Universidad de Bogotá. 98pp.
- Van den Hoek, Mann, C. & Jahns, H.M. 1995. *Algae. An introduction to Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge. 627 pp.
- Vázquez, G., Caballero, M. Lozano, S. & Rodríguez, A. 2007. *Lagos cráter de la región de los Tuxtlas: limnología floral, algal y estudio paleolimnológico de la deforestación reciente*. En: De la Lanza, G. (Ed.). *Las aguas interiores de México. Conceptos y casos*. pp. 215-232. Ed. AGT. México.
- Verver y Vargas García. J. 2005. Dinámica espacio-temporal de los parámetros físicos y químicos y su relación con la clorofila-a en un lago urbano eutrófico. Tesis de licenciatura, FES, Iztacala, UNAM. México. 64pp.
- Villafañe, V.E. & Reid, F.M. 1995. *Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton*. En: Alveal, K., M. Ferrario, E. de Oliveira & E. Sar (Eds.). *Manual de métodos ficológicos*. pp. 170-185. Universidad Concepción, Concepción, Chile.
- Villalobos, F. A., De la Parra, V.R., Galván P.B.E., Cacho R.B.E. & Izaguirre P.M.A. 1984. Estudio hidrobiológico de la laguna de la Mancha, Municipio de Actopan, Veracruz. 1979-1980. Cuadernos de divulgación. INIREB 15, 51pp.
- Ward, L.G. & Ashley, G.M. 1989. Introduction: Coastal lagoon systems. *Marine Geology* 88: 181-185.
- Wetzel, R.G. & Likens, G.R. 1979. *Lymnological Analyses*. Saunders. Philadelphia, E.U.A. 357pp.
- Yáñez-Arancibia, A. 1986. *Ecología de la zona costera. Análisis de siete tópicos*. AGT, México. 189pp.