



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE
TABASCO**

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL FITOPLANCTON EN
LA LAGUNA DE LAS ILUSIONES, VILLAHERMOSA, TABASCO.**

Tesis que para optar el

Grado de

Maestro en Ciencias Ambientales

Presenta:

Biol. Leonardo Cruz Rosado

Directora:

Dra. Silvia Cappello García

Codirectora:

Dra. Elizabeth Ortega Mayagoitia

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Universidad Nacional Autónoma de México.

Villahermosa, Tabasco.

Septiembre, 2012.

DEDICATORIA

A todos los que creyeron en mí, a mis amigos y amigas, a mis padres Samuel Cruz Cruz y Ana Alicia Rosado Villasis, mi Abuela Narcedalia Villasis Contreras, mis hermanos Sagrario y Samuel y a esta institución que me formó.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento

A mis asesores; Dra. Elizabeth Ortega Mayagotia y la Dra. Silvia Capello García, por compartir sus conocimientos y guiarme por el camino de la excelencia.

A los que estuvieron involucrados de una u otra forma en la elaboración de este documento: Dr. Wilfrido M. Contreras Sánchez, Biol. José A. Germán Arellano, jefe de departamento de lagunas urbanas (SERNAPAM), a los laboratorios de COVINSE.

A los miembros del Jurado por sus congruentes observaciones: M en C. Ma. de los Ángeles Guadarrama Olivera, Dr. Alberto de J. Sánchez Martínez, Dra. Silvia Cappello García, M en C. Ma. Guadalupe Rivas Acuña y M en C. A. Rosa Martha Padrón.

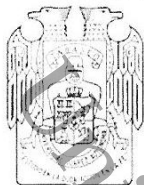
A CONACYT por haberme otorgado la beca, para la realización de los estudios de maestría y a la Coordinación de Posgrado de esta división.

A mis amigos y amigas: Mtra. Lucero Vázquez Cruz, Mtra, María de J. Contreras, Dr. Rafael Martínez, Mtra. Silvia Arias, Biol. Juan Armando y todos mis compañeros del Laboratorio de Acuicultura Tropical.

"El agradecimiento es la memoria del corazón." – Lao-tse

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISION ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

JULIO 10 DE 2012

C. LEONARDO CRUZ ROSADO
PÁS. DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES
P R E S E N T E

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado: **"VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL FITOPLANCTON EN LA LAGUNA DE LAS ILUSIONES, VILLAHERMOSA, TABASCO"**, asesorado por la Dra. Silvia Cappello García, sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado está integrado por la M. en C. Ma. de los Ángeles Guadarrama Olivera, Dr. Alberto de Jesús Sánchez Martínez, Dra. Silvia Capello García, M. en C. Ma. Guadalupe Rivas Acuña y M. en C. Rosa Martha Padrón López.

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE


M. EN C. ROSA MARTHA PADRON LOPEZ
DIRECTORA

C.c.p.- Expediente del Alumno.
C.c.p.- Archivo



CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **“VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL FITOPLANCTON EN LA LAGUNA DE LAS ILUSIONES, VILLAHERMOSA, TABASCO”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el día Once de Julio del año 2012.

AUTORIZO



LEONARDO CRUZ ROSADO

Variación espacial y temporal del fitoplancton en la laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco.

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

ÍNDICE DE SIMILITUD

HACER COINCIDIR TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIME LA FUENTE SELECCIONADA)

★docplayer.es
Internet

5%

EXCLUIR CITAS

DESACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

DESACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS

DESACTIVADO

México.

Autónoma de Tabasco.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	4
3. ANTECEDENTES	5
Estudios de composición y abundancia del fitoplancton en Tabasco	6
4. OBJETIVOS	8
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
5. ÁREA DE ESTUDIO	9
Localización	9
Flora	11
Fauna	11
Clima	11
Función de la laguna de las Ilusiones	12
6. MÉTODO	13
6.1 Trabajo de campo	13
6.2 Trabajo de laboratorio e identificación	13
6.3 Cuento de las muestras y determinación de la abundancia	14
Variables fisicoquímicas	14
Análisis estadístico	15
7. RESULTADOS	16
Variación espacio-temporal de las variables fisicoquímicas y de la composición algal	16

Transparencia (cm)	26
T °C.....	26
pH.....	26
Profundidad (m)	26
OD (mg/l)	26
Alcalinidad total	26
Dureza Total	26
Nitratos	26
Nitritos	26
NT.....	26
NA.....	26
Ortofosfatos	26
F. Total	26
Variación de la abundancia del fitoplancton en el ciclo de estudio	30
Comportamiento de los grupos taxonómicos.....	30
Comparación espacial de la abundancia y composición taxonómica en dos temporadas contrastantes.....	31
8. DISCUSIÓN	34
Variables fisicoquímicas	34
Grupos taxonómicos	36
Variación espacio-temporal de la abundancia total	39
9. CONCLUSIONES	41
10. LITERATURA CITADA	42

Figuras

Figura 1. Sitios de muestreo.....	10
Figura 2. Variación de la transparencia, Temperatura y pH, durante el ciclo de estudio ◆ Hotelera; ■ Recreativa; ▲ Universitaria; y ● Urbana	21
Figura 3. Variación de la, profundidad, oxígeno disuelto y alcalinidad total durante el ciclo de estudio ◆ Hotelera; ■ Recreativa; ▲ Universitaria; y ● Urbana.	22
Figura 4. Variación de la dureza total, nitritos y nitratos durante el ciclo de estudio ◆ Hotelera; ■ Recreativa; ▲ Universitaria; y ● urbana	23
Figura 5. Variación del nitrógeno total, nitrógeno amoniacal y ortofosfatos durante el ciclo de estudio. ◆ Hotelera; ■ Recreativa; ▲ Universitaria; y ● urbana.....	24
Figura 6. Número de taxa encontrados a lo largo del ciclo de estudio.	27
Figura 7. Variación de la abundancia total fitoplanctónica a lo largo del ciclo de estudio en la estación (central) universitaria.	30
Figura 8. Comportamiento de los grupos taxonómicos algales, a lo largo del ciclo anual. □ Chlorophyceae; ▨ Cyanobacteria; ■ Bacillariophyceae.....	31
Figura 9. Abundancia de los grupos taxonómicos en las dos épocas contrastantes y por estación. ▨ Cyanobacteria; □ Xantophyceae; ▨ Bacillariophyceae; ▨ Euglenophyceae; y ▨ Chlorophyceae.	32
Figura 10 Índice de diversidad (H') y equitatividad (E) de Shannon en la laguna de las Ilusiones	33

Tablas

Tabla 1. Variables por estaciones, promedio, desviación estándar y promedio general.	20
Tabla 2. Valores máximos y mínimos de las variables ambientales reportadas a lo largo del ciclo de estudio	26
Tabla 3. Morfoespecies identificadas a lo largo del ciclo de estudio	29

Anexos

Anexo 1	53
Anexo 2	88

1. INTRODUCCIÓN

La eutrofización: un proceso natural acelerado por influencia antropogénica.

La productividad de un ecosistema léntico, está directamente relacionado con las concentraciones de nutrientes como fosforo y nitrógeno, que contribuyen a la determinación del estado trófico del ecosistema, la reducción de las entradas de fosforo en muchos ecosistemas productivos, provoca un rápido decremento relativamente rápido de la capacidad productiva del sistema (Wetzel, 1981) en un estado oligotrófico la biomasa, la presencia de algas cianofitas, es bajo y el contenido de oxígeno hipolimnético es alto, en el mesotrófico, la biomasa es mediana, la presencia de algas cianofitas es variable al igual que el contenido de oxígeno, en el eutrófico, la biomasa, la presencia de algas cianofitas es alto y un bajo contenido de oxígeno hipolimnético, (Salas, 1996) en un ecosistema acuático eutrofizado ocurren dos cosas: se requiere más oxígeno para descomponer la materia y aumenta la población de productores primarios, la falta de oxígeno puede arrasarse con las poblaciones de diversos organismos y alterando la abundancia, diversidad y estructura ecológica de los ecosistemas lénticos trayendo consigo la aparición de especies oportunistas como anélidos, caracoles y macroalgas verdes que se adaptan fácilmente a las condiciones de oxigenación extrema, estas especies pueden ser más resistentes que los habitantes del ecosistema eutrofizado y así suplantarlos con el paso del tiempo, (Chapala & Guerrero 2001). En los años recientes el número de ecosistemas lénticos con condiciones hipereutróficas, ha aumentado como producto de la urbanización (Álvarez-Cobelas & Jacobsen, 1992) y del vertimiento de los residuos sólidos y líquidos generados por escurrimientos, descargas de aguas residuales procedentes zonas habitacionales, hoteles entre otras actividades (Western, 2001).

El fitoplancton en el espectro trófico

Los procesos de eutrofización, traen como consecuencia un aumento en la producción primaria (Wetzel, 2001) donde el fitoplancton de este tipo de ambientes se conforma por pocos grupos taxonómicos y no todas las especies existentes en los ecosistemas lenticos expuestos presentan las mismas características de tolerancia al cambio de la concentración de nutrientes, este proceso va acompañado de una reducción de la diversidad, donde tienden a predominar ciertos grupos eurioicos y la reducción o desaparición de otros (Álvarez-Cobelas & Jacobsen, 1992; Fonturbel, 2006).

Las algas tienen especial importancia debido a que son productores primarios, producen gran parte del oxígeno atmosférico, son la base fundamental de la red trófica en el agua, algunas suelen tener propiedades comestibles, medicinales, sanitarias, no obstante pueden causar blooms (florecimientos) y producir toxinas (Ortega 1995; Ramos *et al.*, 2008).

Estos organismos tienen necesidades fisiológicas y responden a los factores ambientales como la temperatura, transparencia y nutrimentos, por ello el conocimiento de estos factores ambientales que permiten la sucesión estacional de las distintas poblaciones que componen el fitoplancton, resulta fundamental para la comprensión y manejo de un ecosistema léntico (Wetzel, 1981).

Debido a que la distribución geográfica de las algas está relacionada con las condiciones físicas y químicas del agua, la presencia de un determinado grupo algal se halla ligado a la calidad de agua de un ecosistema, por lo que hay taxa que se consideran buenos indicadores ambientales (Álvarez-Cobelas & Jacobsen, 1992; Primarck *et al.*, 2001;).

Los procesos de eutrofización en lagos urbanos

Debido a su localización, los lagos urbanos suelen estar bajo una fuerte presión antrópica. La urbanización de los márgenes de los lagos sigue una progresión típica; un lago sin desarrollo es colonizado por varias casas en la periferia y creando sistemas sépticos, seguido por el incremento de zonas residenciales, mucho sedimento y vegetación es retirada contribuyendo a la pérdida de la zona ribereña, hasta que la población humana alcanza su máxima densidad.

Los lagos urbanos sufren los impactos asociados como el crecimiento demográfico y residencial en sus márgenes (Moore *et al.* 2003) estos ecosistemas en su origen fueron cuerpos de agua poco productivos y estaban representados por un menor número de organismos fitoplanctónicos; al transcurrir el tiempo se vuelven sistemas muy productivos disminuyendo la riqueza de especies y con condiciones eutroficas y/o hipereutróficas (Margalef 1983; Álvarez-Cobelas & Jacobsen 1992; Wetzel, 2001).

2. JUSTIFICACIÓN

Tabasco cuenta con 1 684 cuerpos de agua con características temporales y 484 con espejo de agua permanente (Rodríguez, 2002), algunos de estos han sufrido en las últimas décadas influencia antropogénica, acelerando su proceso natural de eutrofización, como es el caso de la laguna de las Ilusiones que ha recibido aguas residuales sin el debido tratamiento por más de treinta años (Magaña, 1990; Hernández, 1994; Rodríguez, 2002; De la Lanza *et al.* 2007). Estas aguas provienen de diferentes zonas de la ciudad, ya que cerca del 25 % de la población de Villahermosa vive en la zona de influencia a la laguna, así mismo, se han vertido desechos sólidos en las márgenes (Rodríguez, 2002). Esta situación se agravó por el empleo de sustancias químicas para eliminar al lirio acuático, lo que provocó la acumulación de materia orgánica en el fondo de la laguna, que sumado al aporte natural de sedimentos, principalmente durante la época de lluvias ha estimulado el desequilibrio del ecosistema (SCAOP, 1984; Notario, 1998; Hansen *et al.*, 2007).

La composición y la abundancia del plancton ha sido afectada principalmente por la urbanización del ecosistema, que trae como consecuencia el adicionamiento nutrientes, a unado al manejo inadecuado del mismo (Darley, 1987) en función de esta problemática, es evidente el deterioro del ecosistema acuático, y el relevante papel que juega el fitoplancton en este proceso, por lo que se hace necesario el estudio de la composición y abundancia fitoplanctónica en un ciclo anual y su variación en dos temporadas.

Por otra parte, los estudios hidrobiológicos en Tabasco, que involucran el estudio de la composición y abundancia del fitoplancton, son escasos por lo que este trabajo pretende incrementar esta información.

3. ANTECEDENTES

En México y en el mundo, se han realizado estudios en lagos muy productivos en los que se involucran las comunidades fitoplanctónicas. Entre los que destaca el de Alcocer *et al.* (1988) realizado en el Lago viejo de Chapultepec, reportando características hipereutróficas, con la dominancia de cianofitas y clorofitas; condiciones similares presenta el lago Chápala en el que Quiroz *et al.* (1993) estudiaron la influencia de las fuentes de contaminación del agua y su relación con los organismos fitoplanctónicos. Asimismo existe un estudio del lago Cuitzeo, Michoacán, con características hipereutróficas encontrando un marcado incremento en la abundancia fitoplanctónica, con dominancia del género *Oscillatoria* (Alvarado *et al.* 1984). El lago Zempoala, Morelos también ha sido objeto de estudio por García & Tavera (1998) determinando que más de la mitad de los taxa registrados son cosmopolitas. Oliva *et al.*(2008) estudiaron la composición y dinámica anual del fitoplancton del lago urbano somero hipereutrófico, Tezozomoc, Los taxa presentes, las concentraciones de clorofila y las condiciones ambientales caracterizadas por los altos valores de nutrientes (fósforo reactivo, nitrógeno en forma de nitratos y de amoníaco) indicaron el estado hipereutrófico del lago. Por otro lado Flórez (2011) identificó, cuantificó y calculó el biovolumen del fitoplancton en el embalse tropical El Rodeo, en Morelos con condiciones eutróficas.

En otros países se han realizado algunos estudios que relacionan el fitoplancton con el estado trófico, como en el embalse hipereutrófico Pao-Cachinche en Venezuela registrando 50 especies y siendo las cianofitas el grupo más diverso (González, 2004) y en el embalse eutrófico de Barra, Bonita, en Brasil (Calijuri *et al.*, 2001) en el que se analizaron los cambios temporales en la estructura de la comunidad fitoplanctónica.

Estudios de composición y abundancia del fitoplancton en Tabasco

En el Estado se han realizado investigaciones entre las cuales destacan la de Notario (1998) que estudió la abundancia relativa de las diatomeas y su relación con las condiciones tróficas en la laguna de las Ilusiones y concluyó que la eutrofización en el ecosistema acuático aumentó a lo largo de un gradiente espacial vinculado con los aportes domésticos provenientes de la colonia Rovirosa, lo cual determinó que en el vaso del Hotel Cencali se observara la mayor concentración promedio de nutrientes y la mayor abundancia de especies de diatomeas indicadoras de eutrofización del agua, como *Cyclotella meneghiniana*. Por otra parte, Osorio y López (2005) examinaron el fitoplancton de la laguna El Balsón en Macuspana, las muestras de 18 estaciones fueron identificadas y contadas. Las especies dominantes fueron *Ankistrodesmus angustus*, *Trachelomonas volvocinopsis*, *Trachelomonas volvocina*, *Glenodinium* sp. y *Strombomonas* sp. La diversidad de especies y su abundancia han sido relacionadas principalmente con los nutrientes, pero en esa investigación se sugiere que la morfometría y los factores edáficos son determinantes. Por su parte Moreno (2005) analizó la composición y distribución de las algas microscópicas presentes en la cuenca del río González, encontrando 392 taxa de algas microscópicas entre las que destaca una elevada abundancia de cianobacterias, bacilariofitas y clorofitas. El análisis de similitud y clasificación por conglomerados exhiben patrones de las algas microscópicas como respuesta a las características ambientales de cada biotopo. Por otra parte, Cruz (2006) estudió la variación espacial del fitoplancton en seis estaciones ubicadas en la laguna de las Ilusiones, cuatro en el vaso Cencali y dos en la zona del Parque Tomás Garrido Canabal durante la temporada de estiaje, que corresponde al mes de abril, del 2005. Se estimó la abundancia algal, fueron identificadas 52 morfoespecies; algunos géneros son nuevos reportes para el sur del México. Los grupos algales más dominantes en términos de abundancia y riqueza específica fueron la división Cyanobacteria y Chlorophyta. Se encontraron algas características de ambientes

eutróficos (*Scenedesmus* sp.) así como también de ambientes hipereutróficos (*Trachelomonas* sp.) y algunas algas potencialmente tóxicas que a menudo forman florecimientos: *Anabaena* sp, *Anabaenopsis* sp., *Planktothrix* sp., y *Pseudanabaena* sp. Por último, Molina (2000) registró fisiotipos de crisofitas en tres zonas con suelos inundados en Tres Brazos, Tabasco, presentes en los 20 centímetros superficiales y se compararon en áreas de distinta insolación, influencia hidráulica, textura, porcentaje de materia orgánica, y otras características de los suelos en que se encontraron. La variedad de crisofitas resultó mayor donde había mayor energía solar que alcanzara el suelo y era inversa respecto a la profundidad y a la cobertura vegetal; esa variedad disminuyó donde había mayor contenido de materia orgánica. No se encontró correspondencia simple con las clases de partículas limo, arcilla ni respecto a los otros parámetros.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar la variación espacial y temporal del fitoplancton en la laguna de las Ilusiones.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Describir el marco abiótico en el que se desarrolla la comunidad fitoplanctónica.
2. Determinar la composición taxonómica del fitoplancton en la laguna.
3. Variación de la abundancia de los grupos taxonómicos a lo largo del ciclo de estudio en una estación central de la laguna.
4. Comparar la composición espacial y abundancia del fitoplancton en dos temporadas contrastantes en la laguna.

5. ÁREA DE ESTUDIO

Localización

La laguna de las Ilusiones está ubicada en la parte noreste de la ciudad de Villahermosa, municipio de Centro, Tabasco, sus coordenadas van de los 17°59'22" a los 18°01'22" latitud norte y de los 92°55'20" a los 92°56'40" de longitud oeste. Es un sistema lagunar cerrado con profundidad promedio de dos metros; el fondo está formado principalmente por limos y arcillas, pero también presenta partes con el fondo arenoso; sus aguas son turbias y ricas en nutrimentos (Magaña, 1990, citado por De la Lanza *et al.* 2008). La laguna de las Ilusiones representa el 51.4 % de la zona urbana de Villahermosa; de acuerdo con Rodríguez (2002) ocupa una extensión de 198.4 ha; tiene un perímetro lagunar de 26.3 km, 1.8 km de longitud máxima y 1.1 km de anchura máxima; con una proporción largo/ancho de 1.65 km, y una profundidad máxima de 3.8 m (Figura 1).

LAGUNA DE LAS ILUSIONES

AREA DE ESTUDIO

TABASCO



Figura 1. Sitios de muestreo.

Flora

La vegetación asociada a la laguna de las Ilusiones está constituida por 82 familias, 200 géneros y 239 especies que representan el 10 % de la flora del estado conocida, siendo Leguminosae, Poaceae, Asteraceae y Cyperaceae las familias mejor representadas con 39, 18, 15 y 11 especies representativas (Magaña, 1990) 13 especies son muy abundantes, ejemplo el macayo (*Andira galeottiana*), el junco (*Typha latifolia*), el arcillo (*Echinochla polystachya*) y el chelele (*Inga spuria*). Por su uso encontramos que del total de especies, 34 son ornamentales, entre los que encontramos a los tulipanes, bambú, blancas mariposas y los crotos; 26 tienen uso comestible como los mangos, naranjas, tamarindos, nance y otros. Uno es maderable: el cedro; 9 tienen uso medicinal, como el eucalipto, la hierba del sapo y la malva; 2 especies se utilizan para cercos vivos como el cocoite y el chipilco; 3 son artesanales, como el chintul, el lirio acuático y el junco; 13 tienen diferentes usos y 151 especies que se desconoce su uso. (De la Lanza *et al.* 2007).

Fauna

Como parte de la fauna reportada en la laguna están los cocodrilos, *Crocodylus moreletii*, y los manatíes, *Trichechus manatus* así como una diversidad de aves entre las que destacan las garzas blancas de cuello blanco *Casmerodius albus*, la garza agami (*Agamia agami*) y el martín pescador grande *Ceryle torquata* (Padrón, 2004).

Clima

La laguna de las Ilusiones se localiza en una zona intertropical, en la cual el Golfo de México actúa como fuente de humedad y de aire frío o “nortes” durante las épocas de otoño a invierno. La influencia de la corriente cálida del Golfo de México que favorece la evaporación y la incidencia directa de ciclones tropicales y el efecto de precipitación orográfica de la sierra norte de Chiapas (De la Lanza *et al.*

2008). El clima de Tabasco, es el denominado cálido húmedo AMW de acuerdo a la clasificación de Köppen, con temperatura media anual de 27.3 °C y precipitación total anual de 2000 mm aproximadamente (SCAOP, 1984; INEGI-SSP, 1986). La temporada lluviosa de máxima precipitación se presenta en los meses de septiembre y octubre, alcanza una máxima de 1400 mm y, posteriormente, desciende a 700 mm de noviembre a abril. Esta época sería marcadamente seca de no ser por la presencia de los “nortes”. La oscilación anual de la temperatura media mensual varía de 5 a 7 °C presentándose el mes más caliente antes del solsticio de verano (West & Thom, 1976; SCAOP, 1984).

Función de la laguna de las Ilusiones

La laguna de las Ilusiones se ha convertido en el símbolo de Villahermosa, capital del estado, por los atractivos que se encuentran en torno a este ecosistema. La laguna es concebida como un lugar de recreo en toda su extensión, se puede remar y en sus orillas descansar, leer, hacer deporte o simplemente jugar (De la Lanza *et al.* 2008). El crecimiento demográfico y el desarrollo económico alcanzado por la entidad, en las últimas décadas ha definido una mayor alteración ecológica en esta importante laguna de la capital del estado; esto implica acelerados procesos de eutrofización, en particular en la zona hotelera, donde se realizan labores ocasionales de remoción y limpieza de sus riberas. Este ecosistema funciona como un lugar de conservación de flora y fauna, anidamiento y reproducción, también actúa, como receptora de aguas pluviales, control de inundaciones y es considerada reguladora del microclima de gran parte de la ciudad y recarga de aguas subterráneas, entre otras (Cervantes *et al.*, 2000; IMTA, 2002; Cervantes *et al.*, 2005; SEMARNAT, 2011).

6. MÉTODO

6.1 Trabajo de campo

Para estudiar la variación temporal del fitoplancton se monitoreó una estación central (zona universitaria), en la que las muestras se colectaron cada mes durante un ciclo anual (de octubre de 2008 a septiembre de 2009).

Para la comparación espacial se monitorearon tres estaciones adicionales: las zonas hotelera, recreativa, y urbana, las cuales fueron elegidas en base a los procesos de contaminación descritos por Goñi *et al.* (1986). En estas tres estaciones la abundancia del fitoplancton se comparó en las dos temporadas observadas por West & Thom (1976) secas: abril y lluvias: noviembre.

La colecta de fitoplancton se realizó a una profundidad aproximada de 20 cm, con botellas Van Dorn, almacenando las muestras en botellas de plástico con capacidad de 1 L. Una parte de cada muestra se conservó con lugol y otra parte con formaldehído neutralizado con borato de sodio en una proporción de 40 ml de preservador por litro de muestra; (Wetzel, 1981; Margalef, 1983; APHA, 1992; Wehr & Sheath, 2003).

6.2 Trabajo de laboratorio e identificación

Las especies de fitoplancton se describen y clasifican de forma continua, por lo tanto es necesario estar al corriente de las claves de identificación actuales. Por su tamaño, la identificación de los taxa algales se realizó con aumentos de 630x y 1000x en un microscopio marca LEICA DMIRB, al nivel taxonómico más bajo posible, utilizando las obras de Wehr & Sheath (2003). Para euglenofitas se empleó a Tell & Conforti (1986), para los clorofitas del orden Chlorococcales, las claves de Komárek & Fott (1983), para las cianobacterias del orden Chroococcales Komárek & Anagnostidis (1999), y otras fuentes especializadas de acuerdo al material que se encontró en las muestras.

6.3 Conteo de las muestras y determinación de la abundancia

Para el conteo de organismos se utilizó un microscopio invertido con contraste de fases, marca LEICA DMIRB, con micrómetro graduado. El método que se utilizó para el conteo de muestras preservadas de fitoplancton, es la técnica de Utermöhl (Wetzel & Likens, 2000). Además se realizó el conteo de los individuos a 400X (células solitarias, colonias o filamentos) en campos aleatorios hasta reunir 100 individuos del taxa más abundante, con lo cual el error estimado para la media es $\pm 20\%$. La metodología detallada se puede consultar en los trabajos de Ortega-Mayagoitia & Rojo (2000a & 2000b). La abundancia de organismos por mililitro se determinó con la siguiente fórmula:

Abundancia:

$$\text{Ind/ml} = \frac{\text{organismos contados} \times \text{área de sedimentación}}{\text{no. campos} \times \text{área del campo} \times \text{vol. sedimentado}}$$

Variables fisicoquímicas

Se midieron 13 variables físico-químicas relacionadas con la comunidad fitoplanctónica en las 4 zonas durante cada mes a lo largo de todo el periodo de estudio. Se determinaron *in situ*, el oxígeno disuelto, el pH y la temperatura, usando un oxímetro marca YSI modelo 55. La transparencia y la profundidad se midieron con un disco de Secchi, por último se tomaron superficialmente y analizaron en el laboratorio: alcalinidad, ortofosfatos, fósforo total, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, nitratos, nitritos, alcalinidad total y dureza total (APHA, 1992).

Análisis estadístico

Se hicieron análisis de varianza (ANOVA) de una vía para determinar si las variables fisicoquímicas cambian significativamente a lo largo del año y si difieren entre las zonas de estudio. Los datos que no cumplieron con los postulados de normalidad o de homogeneidad de las varianzas, se aplicó un análisis no paramétrico de Kruskal Wallis. Cuando se encontraron diferencias estadísticamente significativas, se procedió a aplicar la prueba a posteriori de rangos múltiples de Duncan.

Para determinar si existen diferencias temporales significativas en la abundancia y los grupos algales entre las cuatro zonas estudiadas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), contrastando los dos muestreos realizados en abril y noviembre. Todos los análisis estadísticos se hicieron utilizando el programa Statgraphics 5.1, empleando un valor límite de probabilidad de error del 5%.

Por último se calculó el índice de diversidad (H') y equitatividad (E) de Shannon-Weiner utilizando el programa BIO-DAP.

7. RESULTADOS

Variación espacio-temporal de las variables fisicoquímicas y de la composición algal

La transparencia presentó un valor mínimo de 7 cm en (enero) y un máximo de 75 cm en (septiembre) y corresponde a uno de los meses lluviosos. El promedio anual fue de 29 cm \pm 14 cm. Comparando las distintas zonas, el promedio mínimo fue de 24 cm en la zona hotelera y el máximo fue de 39 cm en la zona urbana. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las zonas de estudio, en el ciclo de estudio (ANOVA, $P > 0.05$; Tablas 1 y 2 y Fig. 2).

Para el caso de la temperatura, ésta mostró un valor mínimo de 22.2 °C (marzo) y un máximo de 34.4 °C (mayo) cercano a la temporada de estiaje con un promedio de 28 °C \pm 2.7°C. Se destaca que junio fue uno de los meses más calurosos del ciclo de estudio. Contrastando las diferentes estaciones, el promedio más bajo fue de 27.3 \pm 2.1°C (zona urbana) y el más alto de 28.7°C \pm 0.59 (zona hotelera) no se encontraron diferencias significativas entre las cuatro estaciones muestreadas (ANOVA, $P > 0.05$; Tablas 1 2, Fig.2).

El pH mostró un valor mínimo de 6.25 (diciembre) y un máximo de 10.84 (junio) con un promedio anual de 8.49 \pm 1.06. Se destaca que en septiembre descendió en todas las zonas, siendo el mes de mayor precipitación. En cuanto a la dinámica espacial del pH, en la zona hotelera se presentó el menor valor de 8.25 y el mayor en la zona recreativa con 8.69, para éste factor tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones muestreadas (ANOVA, $P > 0.05$; Tabla 1, 2 y fig. 2).

La profundidad del sistema lacustre presentó un valor mínimo de 0.20 m en (mayo) siendo este uno de los meses de estiaje y un máximo de 2.65 m en el mes de noviembre, mes de mayor precipitación, con un promedio de 1.51 \pm 0.44. Durante la temporada de estiaje se reportan menores profundidades. Entre zonas,

la profundidad fue menor en la zona hotelera, con un promedio anual de 1.16 ± 0.41 y máxima en la zona urbana con 1.83 ± 0.50 y con un promedio anual de 1.52 ± 0.27 . Se encontraron diferencias significativas (ANOVA, $P < 0.05$), y la prueba de Duncan indica que la zona hotelera presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) respecto a las otras tres estaciones (Tabla 1, 2 y fig. 3).

Para el caso del oxígeno disuelto, esta variable aumentó considerablemente desde el mes de octubre para descender en el mes de mayo (estiaje) y aumentar nuevamente en septiembre (lluvias). Se registró un mínimo de 2.01 mg/L y un máximo de 15.22 mg/L (ambas en marzo) con un promedio de $7.98 \text{ mg/L} \pm 3.42 \text{ mg/L}$. Entre zonas, el promedio más bajo de oxígeno se registró en la zona urbana con 6.37 mg/L y el más alto fue de 10.20 mg/L en la zona hotelera. Se encontraron diferencias significativas (ANOVA, $P < 0.05$) entre zonas, siendo la zona hotelera significativamente diferente a la zona recreativa y urbana (Duncan, $P < 0.05$), Tabla 1, 2 y fig. 3).

La alcalinidad del agua osciló entre 18 mg/L (octubre) y 202 mg/L (junio) y un promedio de $106 \text{ mg/L} \pm 38.3 \text{ mg/L}$. Entre zonas, el promedio de alcalinidad osciló entre 89 mg/L (zona hotelera) y 292 mg/L (zona universitaria) y un promedio de 152.69 ± 93.87 . Los valores para alcalinidad mostraron diferencias significativas (entre las cuatro zonas ANOVA, $P < 0.05$) siendo la media máxima anual en la zona hotelera con 292.4 mg/L (Duncan, < 0.05), la zona hotelera muestra diferencias y valores menores respecto a la zona universitaria, recreativa y urbana (Tabla 1, 2 y fig. 3).

La dureza total varió de 39.6 mg/L (octubre) a 99.0 mg/L (noviembre) con un promedio de $76.56 \text{ mg/L} \pm 12.05 \text{ mg/L}$, en enero descendió y los meses siguientes se mantuvo constante. Entre zonas, el promedio mínimo se presentó en la zona recreativa con 63.6 mg/L y el máximo en la zona universitaria (92.3 mg/L) Los valores para la dureza total mostraron diferencias significativas entre las cuatro zonas (ANOVA, $P < 0.05$) siendo la media máxima en la zona universitaria (Duncan,

$P < 0.05$) la zona recreativa presentó el menor valor y mostró diferencias entre la zona universitaria y urbana (Tabla 1, 2 y fig. 4).

Para el caso de los nitritos, estos variaron entre 0.04 (septiembre, mes lluvioso) y 0.78 mg/L (noviembre), el promedio anual fue de 0.05 mg/L \pm 0.06 mg/L, de julio de 2008 a agosto de 2009 se presentaron los altos valores, en el caso de las cuatro zonas de estudio, el valor mínimo se presentó en la zona urbana con 0.003 mg/L y el máximo de 0.126 mg/L en la zona recreativa, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$). (Tabla 1, 2 y fig. 4).

Los nitratos oscilaron entre 0.05 mg/L (noviembre) el máximo en 0.65 mg/L (febrero) con un promedio anual de 0.19 mg/L \pm 0.12 mg/L, se destaca que en diciembre también se registraron altos valores de esta variable. La zona que presentó el mínimo de nitratos, fue la zona universitaria con 0.163 mg/L y la zona que registró el mayor valor fue la zona hotelera con 0.231 mg/L. no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$; Tabla 1, 2 y fig. 4).

El nitrógeno total osciló a lo largo del año entre 0.03 mg/L (octubre) y 6.3 mg/L (marzo, mes de estiaje), con un promedio de 1.29 mg/L \pm 1.25 mg/L, se destaca que en el mes de diciembre también se registraron altos valores, la zona que presentó el menor valor fue la zona universitaria con 0.950 mg/L y el valor más alto fue para la zona hotelera con 1.818 mg/L, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$; Tabla 1, 2 y fig. 5).

El nitrógeno amoniacal varió 0.04 mg/L (octubre) y 1.4 mg/L (diciembre) con un promedio de 0.331 mg/L \pm 0.339 mg/L, se destaca que de noviembre a enero se registraron los valores más altos de esta variable. La zona universitaria presentó el menor valor con 0.212 mg/L y la zona hotelera registró el mayor valor con 0.425 mg/L. no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$; Tabla 1, 2 y fig. 5).

Los ortofosfatos variaron de 0. (octubre) y 0.52 mg/L (mayo) y un promedio de 0.13 mg/L \pm 0.13 mg/L, abril también registró altos valores. En lo que respecta a

las cuatro zonas de estudio, valor mínimo de ortofosfatos fue de 0.030 mg/L en la zona urbana y el valor máximo fue de 0.321 mg/L en la zona hotelera. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), la zona hotelera registró el mayor valor respecto a la zona recreativa, universitaria y urbana (Duncan, $P < 0.05$; Tabla 1, 2 y fig. 5)

El fósforo total presentó un valor de 0.06 (octubre) y un valor de 4.46 mg/L (abril mes de mayor estiaje) con un promedio de 0.69 mg/L \pm 0.83, este mes al igual que julio presentaron los valores más altos y la zona que registró el menor valor fue la zona urbana con 0.259 mg/L y el máximo la zona hotelera con 1.137 mg/L. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$). La zona hotelera presentó el mayor valor de esta variable y mostró diferencias con la zona universitaria y urbana (Duncan, $P < 0.05$; Tabla 1, 2 y fig. 6).

Tabla 1. Variables por estaciones, promedio, desviación estándar y promedio general.

Variable	Z. Hotelera	Z. Recreativa	Z. Universitaria	Z. Urbana	Máx. Mín.	P. General
Transparencia (cm)	24±14	31±11	28.08±12	39±16	39 24	30.65± 6
Temperatura °C	28.7±2.3	28.8±3.6	27.8±2.3	27.3±2.1	28.7 27.3	28.1±0.5
pH	8.25±1.32	8.69±1.15	8.62±0.96	8.26±0.82	8.69 8.25	8.45±0.24
Profundidad m	1.16± 0.41	1.56±0.19	1.52±0.34	1.83±0.50	1.83 1.16	1.52± 0.27
Oxígeno Disuelto mg/L	10.2±3.85	7.7±3.58	7.5±2.6	6.4±1.8	10.2 6.3	7.95± 1.62
Alcalinidad Total mg/L	15.83±39.87	89.83±30.34	292.42±48.04	112.731.53	292.42 89.83	152.69± 93.87
Dureza total mg/L	77.85±18.45	63.60±10.75	92.33±28.79	72.45±11.8	92.33 63.60	76.56± 12.05
Nitratos mg/L	0.231±0.152	0.190±0.073	0.163±0.088	0.167±0.138	0.231 0.163	0.19± 0.03
Nitritos mg/L	0.079±0.086	0.126±0.213	0.052±0.049	0.003±0.025	0.126 0.003	0.07± 0.04
Nitrógeno total mg/L	1.818±1.920	1.04±1.027	0.95±0.886	0.966±0.744	1.818 0.950	1.19± 0.42
Nitrógeno amoniacal mg/L	0.425±0.383	0.336±0.376	0.212±0.129	0.337±0.365	0.425 0.212	0.33± 0.09
Ortofosfatos mg/L	0.321±0.134	0.079±0.044	0.085±0.050	0.03±0.021	0.321 0.030	0.13±0.13
Fósforo total mg/L	1.137±1.105	0.623±0.811	0.340±0.147	0.259±0.190	1.137 0.259	0.59±0.40

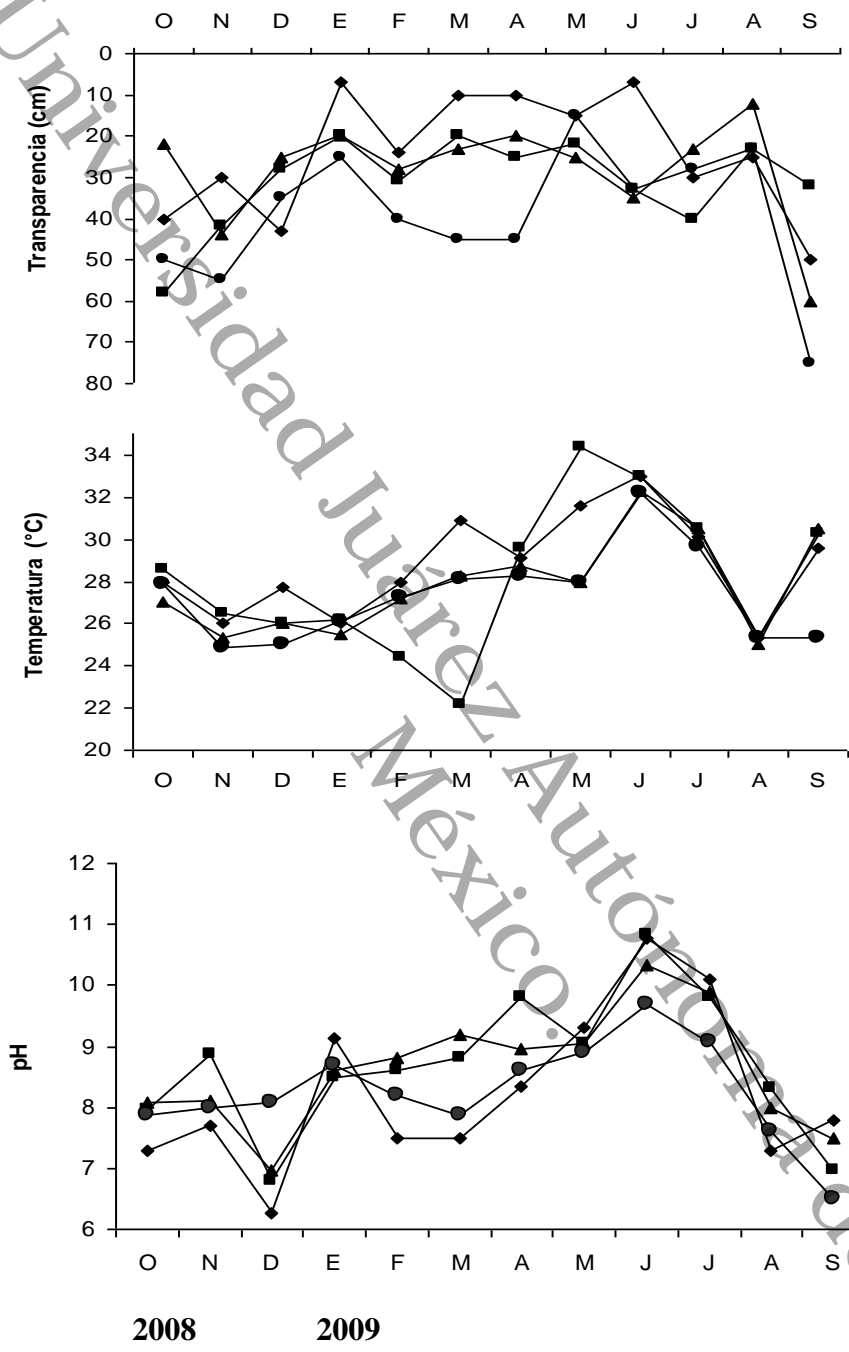


Figura 2. Variación de la transparencia, Temperatura y pH, durante el ciclo de estudio ♦ Hotelera; ■ Recreativa; ▲ Universitaria; y ● Urbana

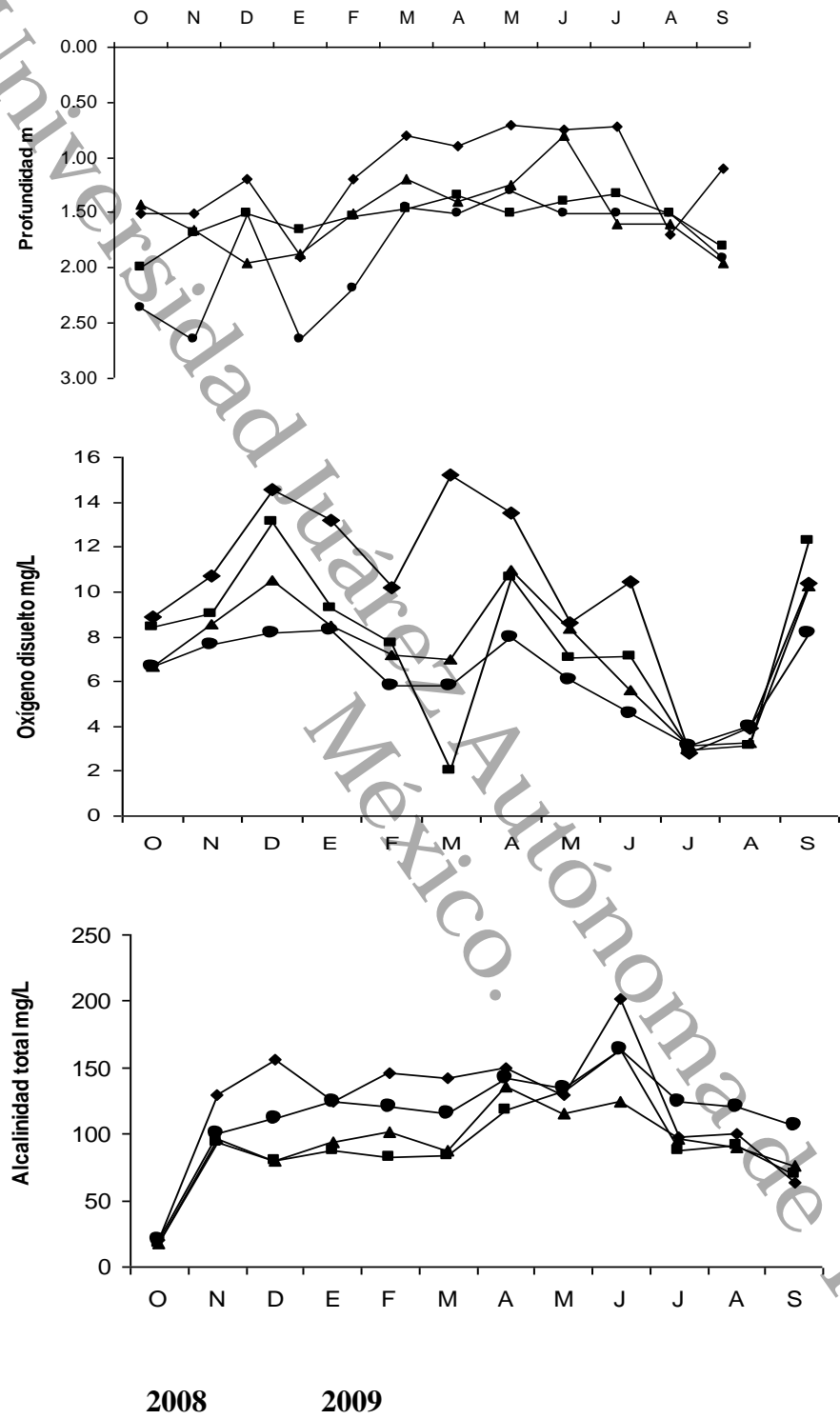


Figura 3. Variación de la, profundidad, oxígeno disuelto y alcalinidad total durante el ciclo de estudio ◆ Hotelera; ■ Recreativa; ▲ Universitaria; y ● Urbana.

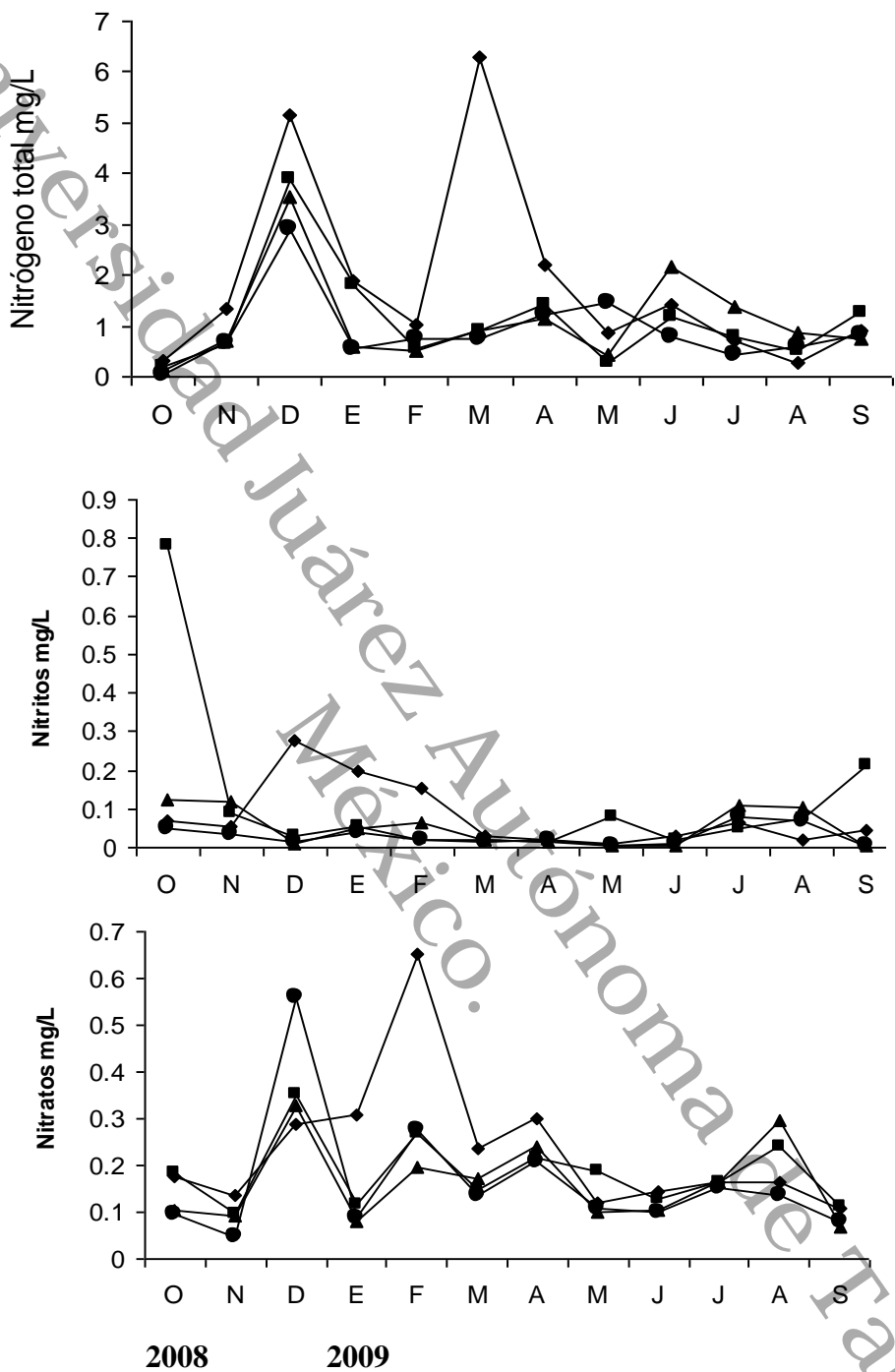


Figura 4. Variación de la dureza total, nitritos y nitratos durante el ciclo de estudio ◆ Hotelera; ■ Recreativa; ▲ Universitaria; y ● urbana

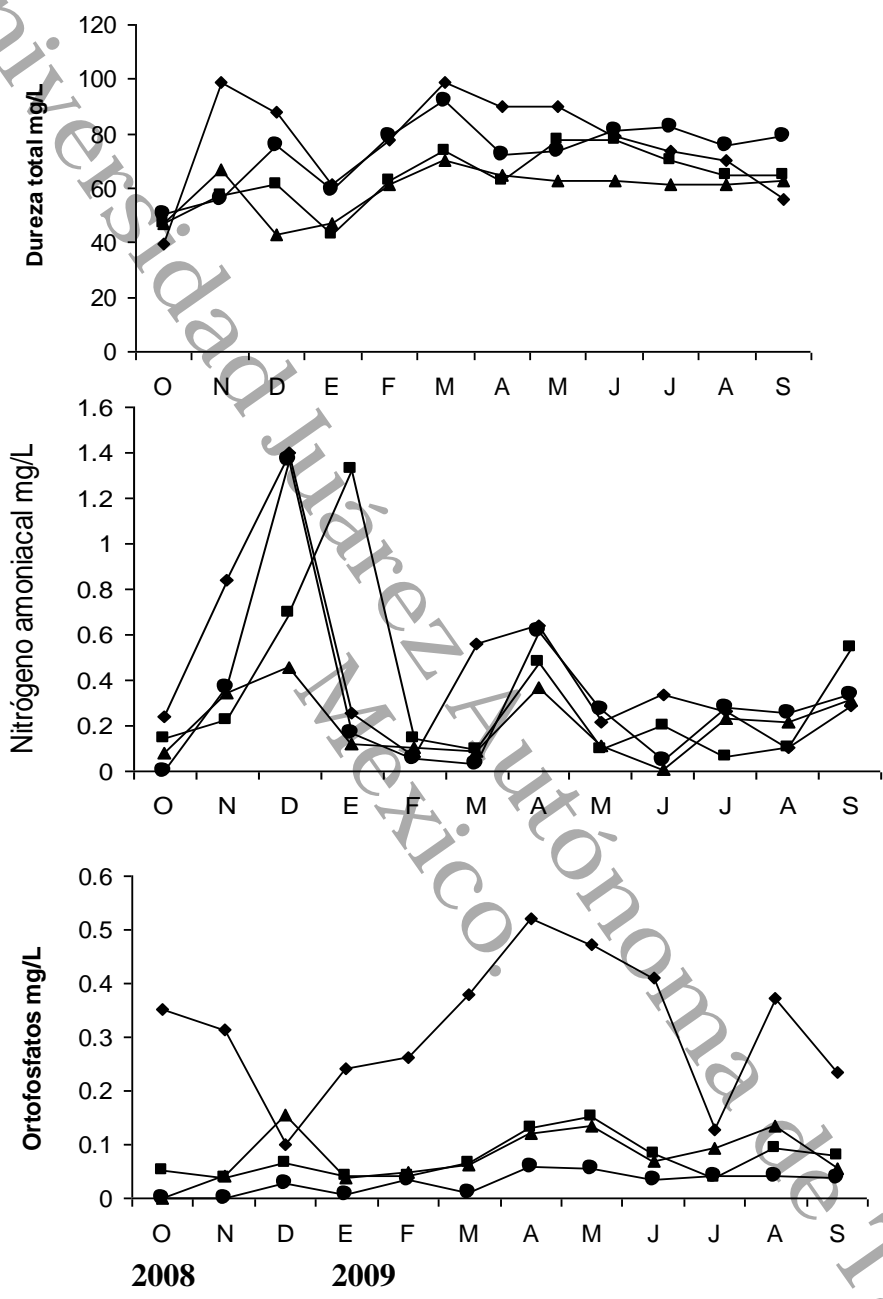


Figura 5. Variación del nitrógeno total, nitrógeno amoniacal y ortofosfatos durante el ciclo de estudio. ◆ Hotelera; ■ Recreativa; ▲ Universitaria; y ● urbana

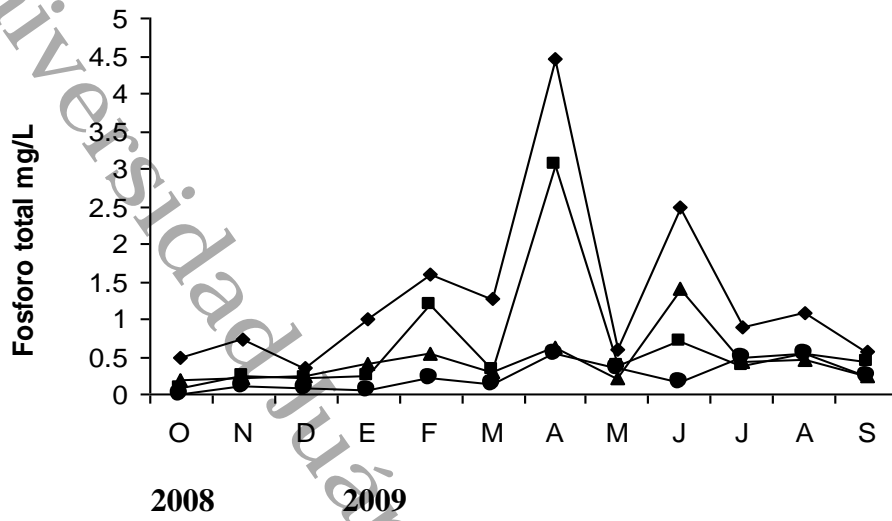


Figura 6. Variación del fósforo total durante el ciclo de estudio. ◆ Hotelera; ■ Recreativa; ▲ Universitaria; y ● urbana

Tabla 2. Valores máximos y mínimos de las variables ambientales reportadas a lo largo del ciclo de estudio

	Transparencia (cm)	T °C	pH	Profundidad (m)	OD (mg/l)	Alcalinidad total	Dureza Total	Nitratos	Nitritos	NT	NA	Ortofostatos	F. total
Mínimo	7	22.2	6.25	0.7	2.01	18	39.6	0.05	0.04	0.03	0.04	0.01	mld no detectable
Máximo	75	34.4	10.84	2.65	15.22	202	99	0.65	0.78	6.3	1.4	0.52	4.46
Promedio	29.85	28	8.49	1.51	7.98	106	69.3	0.19	0.05	1.29	0.33	0.13	0.69
Desviación estándar	14.34	2.7	1.08	0.44	3.42	38.3	13.4	0.12	0.06	1.25	0.34	0.13	0.83

Análisis temporal del fitoplancton

Composición taxonómica

En la revisión de las muestras de fitoplancton de la laguna de las Ilusiones colectadas a lo largo del ciclo anual, se identificaron 74 morfoespecies, de las cuales, 46 taxa fueron Chlorophyceae, 16 Cyanobacteria, 6 Euglenophyceae, 4 Bacillariophyceae y 2 Xantophyceae (Tabla 3).

El número de taxa observados en cada mes, osciló entre 15 y 28 (Figura 7). *Monoraphidium caribeum*, fue la única especie que se encontró a lo largo de todo el ciclo de estudio.



Figura 6. Número de taxa encontrados a lo largo del ciclo de estudio.

Otras especies frecuentes fueron *Monoraphidium minutum*, *Monoraphidium contortum* y *Merismopedia* sp., mismas que se presentaron en el 80-90% de las muestras. Por el contrario, 20 especies sólo se encontraron en una ocasión.

Las especies dominantes fueron pocas y cambiaron en cada mes. Entre las especies que aportaron más del 51% del número de individuos en al menos un mes, están las cianofitas como *Merismopedia* sp. con un 58 % en el mes de

diciembre de 2008. *Monoraphidium contortum* aportó el 55 % en el mes de febrero de 2009, por último para el mes de julio de 2009 se registró un aporte de 67% de *Kirchneriella* cf. *contorta*. Otras especies que pueden destacarse por su abundancia son las clorofitas *Monoraphidium minutum*, *Scenedesmus quadricauda* y *Scenedesmus* grupo *armati*, las que tuvieron entre el 10 y el 30% de la abundancia total en al menos una ocasión.

Tabla 3. Morfoespecies identificadas a lo largo del ciclo de estudio

Clorofitas	
<i>Actinastrum</i> sp.	<i>Scenedesmus spinosus</i>
<i>Chlorogonium</i> sp.	<i>Scenedesmus</i> cf. <i>quadricauda</i>
<i>Cosmarium</i> sp.	<i>Scenedesmus</i> grupo <i>armati</i>
<i>Crucigeniella pulchra</i>	<i>Scenedesmus armatus</i>
<i>Coelastrum astroideum</i>	<i>Scenedesmus</i> sp.1
<i>Coelastrum microporum</i>	<i>Scenedesmus</i> sp. 2
<i>Clorofita</i> sp. 1	<i>Scenedesmus</i> sp. 3
<i>Clorofita</i> sp. 2	<i>Scenedesmus</i> sp.4
<i>Chlorella</i> sp.	<i>Scenedesmus</i> sp.5
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	<i>Scenedesmus</i> sp. 6
<i>Kirchneriella</i> cf <i>contorta</i> .	<i>Scenedesmus</i> sp. 7
<i>Monoraphidium minutum</i>	<i>Scenedesmus</i> sp. 8
<i>Monoraphidium caribeum</i>	<i>Scenedesmus</i> sp. 9
<i>Monoraphidium contortum</i>	<i>Scenedesmus</i> sp. 10
<i>Nephrocytium</i> c.f <i>lunatum</i> .	<i>Schroederia</i> sp.
<i>Nephrochlamys</i> sp.	<i>Tetraedron</i> <i>minimum</i>
<i>Pediastrum tetras</i>	<i>Tetraedron</i> <i>triangulare</i>
<i>Pediastrum simplex</i>	<i>Tetraedron</i> cf. <i>muticum</i>
<i>Pediastrum dúplex</i>	<i>Tetraedron</i> <i>caudatum</i>
<i>Scenedesmus smithii</i>	<i>Tetraedron</i> sp.
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	<i>Tetraedron</i> sp. 1
<i>Scenedesmus longispina</i>	<i>Tetrastrum heteracanthum</i>
<i>Scenedesmus tropicus</i>	<i>Tetrastrum staurogeniforme</i>
Cianofitas	
<i>Anabaenopsis</i> sp.	<i>Gloeocapsa</i> sp.
<i>Anabaena</i> sp.	<i>Limnothrix</i> sp.
<i>Chroococcus</i> sp	<i>Merismopedia</i> cf. <i>tenuissima</i>
<i>Gomphosphaeria</i> sp	<i>Merismopedia</i> sp.
<i>Cianofita</i> sp. 1	<i>Pseudanabaena</i> sp.
<i>Cianofita</i> sp. 2	<i>Planktothrix</i> sp.
<i>Cianofita</i> sp. 3	<i>Planktolyngbya</i> sp.
<i>Cianofita</i> sp. 4.	<i>Raphidiopsis</i> sp.
Bacilariofitas	
<i>Aulacoseira</i> cf <i>granulata</i>	<i>Cyclotella</i> sp.
<i>Navicula</i> sp.	<i>Nitzschia</i> sp.
Euglenofitas	
<i>Euglena</i> sp. 1	<i>Euglenofita</i> sp. 2
<i>Lepocinclis</i> sp.	<i>Phacus</i> sp.
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>volvocina</i>	<i>Trachelomonas</i> cf. <i>hispida</i>
Xantofitas	
<i>Tetraedriella</i> sp.	<i>Pseudostaurastrum</i> sp.

Variación de la abundancia del fitoplancton en el ciclo de estudio

La composición y abundancia algal varió considerablemente. La abundancia algal más alta fue de 89 000 ind/ml (julio 2009) y la más baja fue de 27 200 ind/ml (enero de 2008). El promedio anual obtenido, considerando todas los meses muestreados fue de $47\,800 \pm 17\,600$ ind/ml. Se puede observar un patrón de incremento de la densidad algal a partir de abril (secas) hasta alcanzar el pico en julio, y en septiembre (lluvias) empieza a decrecer (Figura 8).

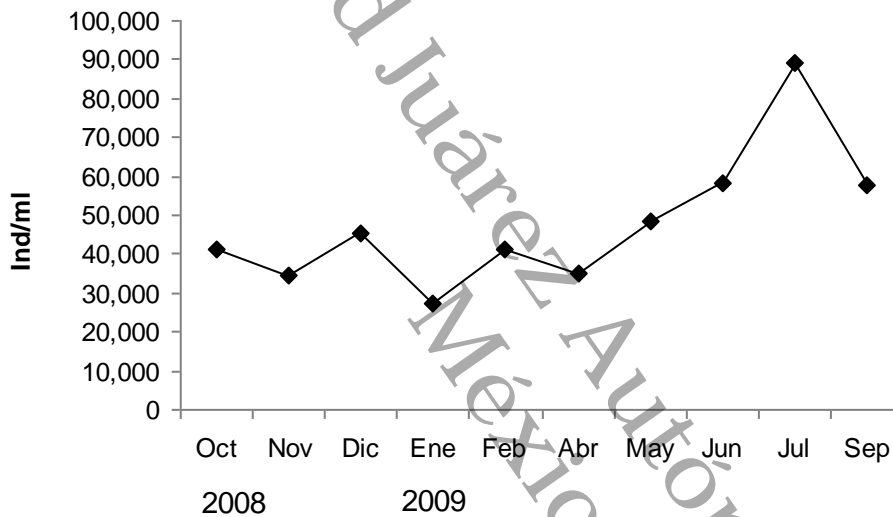


Figura 7. Variación de la densidad total fitoplanctónica a lo largo del ciclo de estudio en la estación (central) universitaria.

Comportamiento de los grupos taxonómicos

En los grupos taxonómicos se observa que las Chlorophyceae y Cyanobacteria fueron las que más presencia tuvieron durante el ciclo de estudio. Las Cyanobacteria alcanzaron en el mes de octubre 71% de la abundancia total. Así mismo las Chlorophyceae alcanzaron el 95 % de la abundancia total en febrero, y el 93 % en julio. En términos de porcentaje, las Euglenophyceae,

Bacillariophyceae y Xantophyceae representaron menos del 15% de la densidad algal en cada mes de muestreo (Fig. 9).

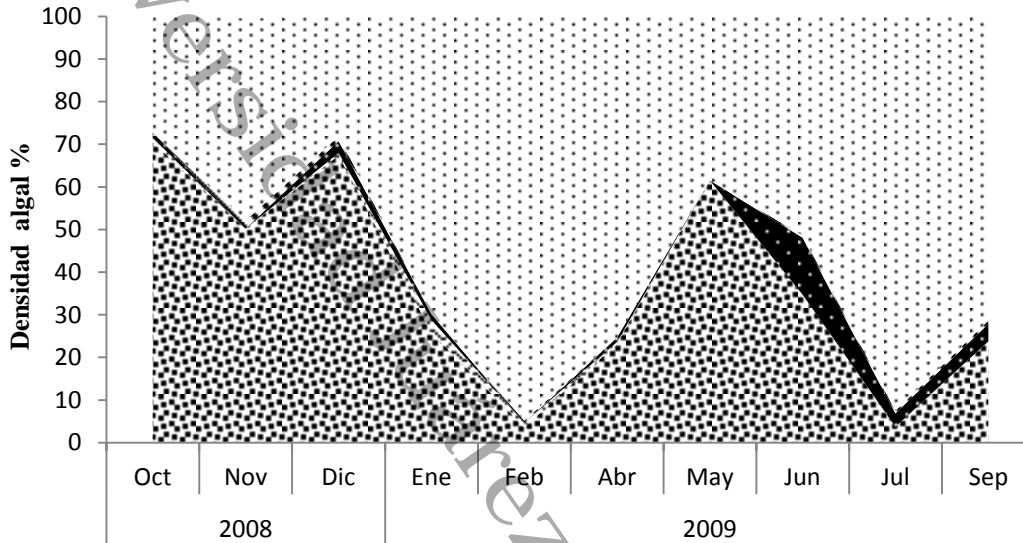


Figura 8. Comportamiento de los grupos taxonómicos algales, a lo largo del ciclo anual. ■ Chlorophyceae; ■ Cyanobacteria; ■ Bacillariophyceae

Comparación espacial de la abundancia y composición taxonómica en dos temporadas contrastantes

Para esta comparación se usaron las muestras de las cuatro estaciones de muestreo tomadas en secas (abril) y lluvias (noviembre). En noviembre se observa una dominancia de las cianofitas, seguidas de las clorofitas, y poca presencia de los demás grupos.

Para la temporada de seca (abril), sigue la misma tendencia a excepción de la estación ubicada en la zona universitaria, en la que se observa claramente que las clorofitas tienen más presencia que las cianofitas (Figura 9).

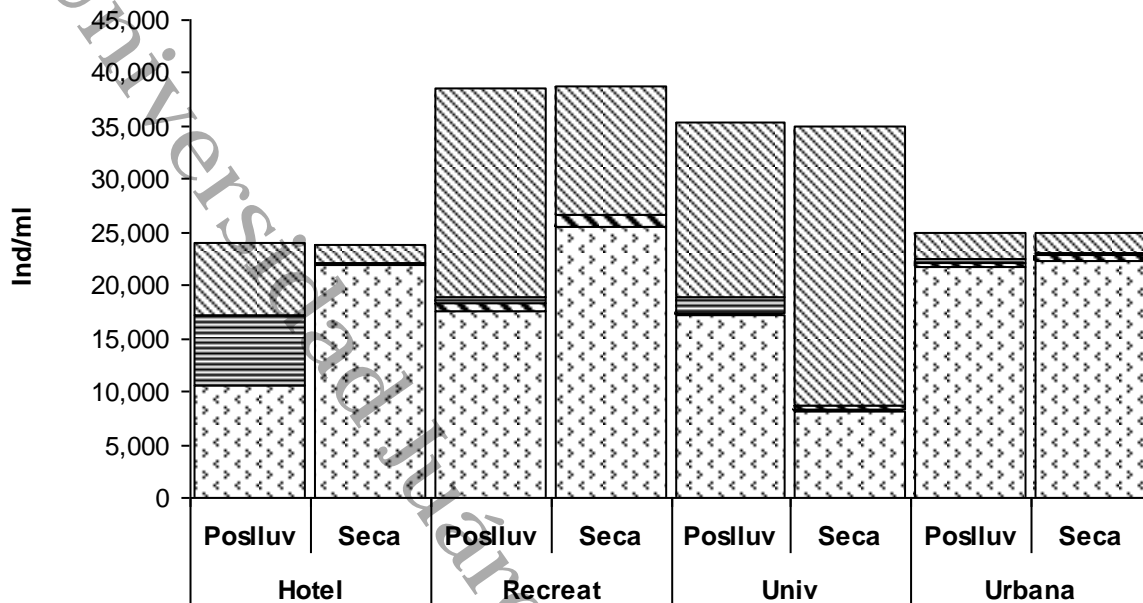


Figura 9. Abundancia de los grupos taxonómicos en las dos épocas contrastantes y por estación. Cyanobacteria; Xantophyceae; Bacillariophyceae; Euglenophyceae; y Chlorophyceae.

Al comparar la abundancia total de las distintas clases algales, entre las estaciones y en ambas temporadas, no se encontraron diferencias significativas (ANOVA $P > 0.05$) y en la comparación entre ambas temporadas contrastando clase por clase, no se encontraron diferencias significativas (ANOVA $P > 0.05$).

Índice de diversidad y equitatividad

El índice de diversidad de Shannon–Weiner varió de 2.59 (junio) a 1.43 (julio) con un promedio de 2.07, se observó una variabilidad mes con mes y en julio decreció este índice.

El índice de equitatividad presentó un valor menor de 0.60 (febrero) y un máximo de 0.79 (septiembre) y con un promedio de 0.66. El comportamiento es similar al índice de diversidad. Figura 10.

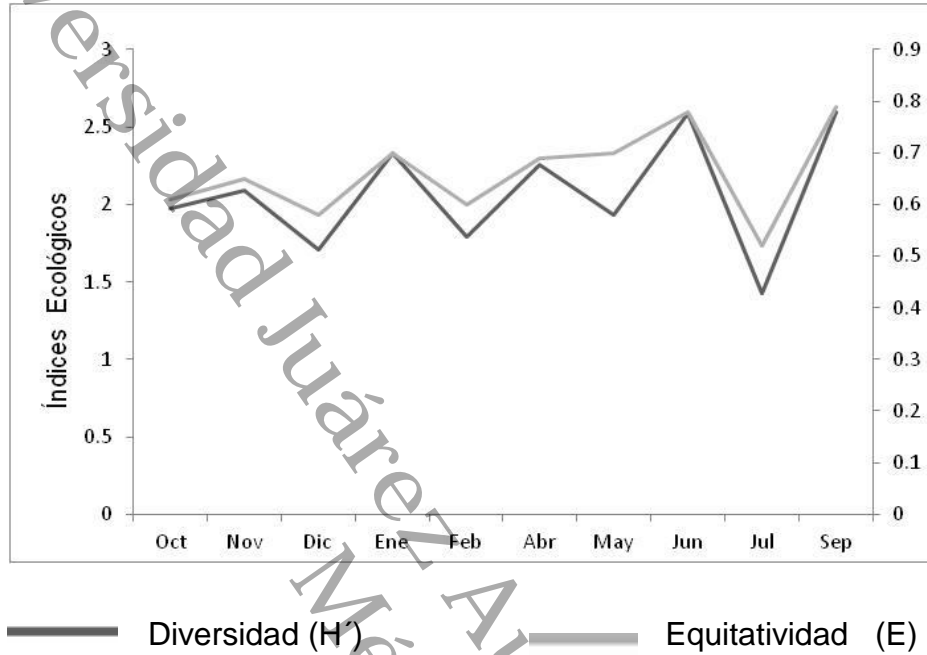


Figura 10 Índice de diversidad (H') y equitatividad (E) de Shannon en la laguna de las Ilusiones

8. DISCUSIÓN

Variables fisicoquímicas

Oxígeno disuelto

La cantidad del oxígeno producido por fotosíntesis puede alcanzar hasta 13 mg/l, De la lanza *et al.* (2008), pero ese valor se rebasó en este estudio (15.22 mg/l) lo cual se puede atribuir a un exceso de actividad fotosintética, aunque en el periodo de lluvias, el aumento del oxígeno disuelto quizá se deba a la acción de las lluvias y al flujo de corrientes de agua que entran con mayor concentración de oxígeno al sistema (Wetzel 1975; Wetzel, 1981). Las concentraciones de oxígeno observados en este estudio fueron similares a los de lagos eutróficos o hipereutróficos (Quiroz 1993 en Limón *et al.* 1986; Chacón *et al.*, 2007; Oliva *et al.*, 2008; De la Lanza *et al.*, 2008); en el caso de en lagos oligotróficos como el de Alchichica, registran valores de 7.7 a 6.6 mg L⁻¹ (Ramos *et al.*, 2008). Los niveles de oxígeno disuelto en la laguna de las Ilusiones se encontraron dentro los valores óptimos para la protección de la vida acuática, según los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (Semarnap, 1989) y la Ley Federal de Derechos (2009) protección de la vida acuática.

La alcalinidad se refiere a la cantidad y clase de compuestos presentes que en conjunto, modifican el pH hacia el lado alcalino de la neutralidad, estos compuestos son bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos y con menos frecuencia en aguas continentales los boratos, silicatos y fosfatos. Se expresa a menudo como CaCO₃, por lo que se considera que la alcalinidad está dada exclusivamente por este compuesto sin embargo no en todas las aguas normales domina este compuesto (Wetzel, 1981). Algunos integrantes del fitoplancton y en particular las clorofitas y cianofitas son las que prefieren condiciones elevadas de alcalinidad en comparación con otro tipo de algas y en este estudio se observa dicha relación, debido a que fueron los dos grupos de algas que dominaron tanto en número de especies como en términos de abundancia (Arredondo, 1992,

Chacón *et al.*, 2007). La dureza frecuentemente se usa como un parámetro indicador de la calidad del agua. La dureza de un agua está regida por el contenido de sales de calcio y magnesio, combinados principalmente con bicarbonato y carbonato (dureza temporal) y con sulfatos, cloruros y otros aniones de ácidos minerales (dureza permanente), (Wetzel 1981). Las clorofitas estuvieron presentes durante todo el ciclo de estudio y es probable que el calcio sea fundamental para éstas. Se registró a *Pediastrum* sp., considerada de ambiente con dureza total baja (99 mg/l de CaCO_3 , en promedio) y *Anabaena* sp., considerada de dureza total alta (288 mg/l de CaCO_3 , en promedio) sin embargo en este estudio la dureza total más alta fue de 99 mg/l de CaCO_3 (Wetzel, 1981; Quiroz 1993; Mora-Navarro *et al.*, 2004).

Fósforo total y ortofosfatos

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento algal y su disminución puede limitar la productividad biológica, es mejor considerar las concentraciones de fósforo en términos de fósforo total ya que la mayor parte de él forma parte de la fracción particulada en cualquier momento (Wetzel, 1981). Algunos autores como Wetzel, (1981) Dávalos *et al.*, (1989) y Jaramillo *et al.* (1984) sugieren que el fósforo es el responsable del aumento del fitoplancton. Este rebasó los límites según la Ley Federal de Derechos (2009) protección de la vida acuática (0.05 mg/l) El fósforo en las aguas naturales se encuentra relativamente bajo (0.10 a 0.50 mg/l) (A.P.H.A., 1992). En la zona hotelera fue donde más abundantes fueron las euglenofitas y coincide con altos valores de fósforo total, por lo que se infiere que éstas prefieren o toleran altas concentraciones de esta variable (C.E.L., 1980) las clorofitas del género *Scenedesmus* también prefieren concentraciones elevadas de fósforo y fue el género más representativo (Wetzel, 1981).

El ortofosfato es un nutriente necesario para el crecimiento de las algas sin embargo la disminución de éste puede favorecer a otros grupos algales como las Heterokontophytas, su nivel mínimo para un excesivo crecimiento algal es mayor

o igual a 0.01 mg/l (Lee, 1970; Kirsten & Nauwer, 1993) por tanto su alta concentración en este estudio, contribuyó a la gran producción de organismos algales.

El nitrógeno es considerado como uno de los nutrientes necesarios para el crecimiento del fitoplancton en los lago tropicales (Ramos 2008), las formas nitrogenadas como el nitrógeno amoniacal, rebasó los límites permisibles (0.06 mg/l) ley Federal de Derechos (2009) de protección de la vida acuática. Los valores de nitratos y nitrógeno amoniacal coinciden con los valores presentados en el Lago Viejo de Chapultepec con eutrofia y tendencia a la hipereutrofia (Alcocer *et al.* 1988) Es importante destacar que la presencia de cianobacterias en la laguna está ligada a la presencia de los nitratos en caso particular las del genero *Anabaena* sp. Estos presentan heterocistes para la fijación de este nutriente (Wetzel, 1981).

Los valores de nitratos muestran cierta similitud en la zona hotelera y recreativa, mientras que la zona universitaria y urbana, los valores de nitratos decaen relativamente en función de la distancia del área más urbanizada hacia las áreas más elejadas de la ciudad demostrado anteriormente por (Hernández, 1994).

Grupos taxonómicos

Las Chlorophyceae que son uno de los más grandes grupos de algas, en términos de número de especies. Están ampliamente distribuidas y adaptadas a los hábitats extremos al igual que las Cyanobacteria, que pueden tener un crecimiento óptimo a más de 45°C (Wetzel, 1981, Darley, 1981; García & Tavera 1998; Cruz, 2006). Para el caso de las Xanthophyceae, estas son las primeras afectadas por la polución orgánica (Pesson, 1979), por ello es la clase en la que solo se registraron dos morfoespecies. La Euglenophyceae se caracterizan por habitar en ambientes eutróficos o hipereutróficos o de materia orgánica en descomposición debido a su tolerancia, habitan pequeños y someros cuerpos de agua y con menos frecuencia en los grandes cuerpos de agua (Darley, 1981; Álvarez &

Jacobsen 1992; Quiroz *et al.*, 1993; Barone & Naselli 1994; Wehr & Sheath 2003; Cruz, 2006; Chacón *et al.*, 2007), condiciones semejantes a las que se presentan en la zona hotelera.

Las diatomeas del género *Cyclotella* se han encontrado en condiciones eutróficas, pero debido a que también son un grupo reconocido por habitar en un amplio rango de ambientes tróficos que van de oligotróficos a hipereutróficos (Hutchinson, 1967; Álvarez & Jacobsen 1992; Notario, 1998; Rojo *et al.*, 2000a), el género no puede considerarse un buen indicador ambiental.

Riqueza específica

Las (74) morfoespecies registradas en este ecosistema, fueron menores, comparada con las 96 morfoespecies encontradas en un ecosistema considerado de riqueza específica intermedia y con ambientes mesotróficos y/o eutróficos (Florez, 2011). Al comparar los ambientes eutróficos con los hipereutróficos, los últimos se caracterizan por tener una riqueza específica intermedia y están constituidos por pocos grupos taxonómicos, como lo muestran algunos lagos urbanos eutróficos e hipereutróficos: lago Tezozomoc (50 especies) Lago Arancio Italia (69 taxa), (Nasselli Flores & Barone, 1994; Oliva *et al.*, 2008;).

El índice de diversidad de Shannon

Los valores registrados en este estudio de diversidad y equitatividad de Shannon son similares a un ecosistema lentic en España y eutrofizado sometido a un intenso estrés por contaminación, con la dominancia de especies del género *Monoraphidium* como sucede en este estudio y presencia de clorofitas y cianoitas (Carrillo *et al.*, 1987). Los valores del índice de Shannon, indican una baja diversidad.

Por otro lado los ecosistemas eutróficos presentan comúnmente una mayor riqueza específica como la de una laguna interior en Tabasco (Osorio & López,

2005), donde se registraron 165 especies lo que coincide con estudios realizados en Brasil con 139 taxa (Caijuri *et al.*, 2001; Dellamano-Oliveira *et al.* 2008), 127 taxa en el lago Cuitzeo (Ortega *et al.*, 2010), por último 93 taxa en un humedal semiárido eutrófico con tendencia a la hipertrofia en las Tablas de Daimiel España (Rojo *et al.*, 2000).

Morfoespecies dominantes

En base a la revisión bibliográfica, los taxa observados en este estudio bien pueden corresponder a ecosistemas eutróficos como hipereutróficos, algunas especies habitan en estanques o charcas como *Monoraphidium minutum*, *Monoraphidium contortum*, *Merismopedia* sp. y *Kirchneriella* cf. *contorta* por mencionar algunas (Mantere & Heinonen 1982; Barone & Nasselli, 1994; Ortega & Rojo *et al.*, 2000a; Wehr & Sheath, 2003; Oliva *et al.*, 2008).

Una de las especies dominantes fue *Merismopedia* sp., perteneciente a un género que se caracteriza por vivir en el plancton de aguas mesotróficas y eutróficas, principalmente en estanques y charcas (Wehr & Sheath, 2003) aunque también ha sido reportadas en cuerpos de agua hipereutróficos como el lago Tezozomoc y las Tablas de Daimiel (Rojo *et al.*, 2000; Oliva *et al.*, 2008).

La morfoespecie *Kirchneriella* cf. *contorta*, ha sido utilizado por Mantere & Heinonen (1982) como indicador de eutrofización y por Reynolds (2000) en un estanque somero hipereutrófico, otros géneros dominantes por mencionar algunos es *Scenedesmus* sp. (Wetzel, 1981; Oliva *et al.* 2008), el cual pertenece al orden Chlorococcales donde se encuentran la mayoría de las algas clorofitas planctónicas.

La especie *Monoraphidium caribeum* es cosmopolita, y fue la única que se encontró a lo largo de todo el ciclo de estudio, como ocurre con la mayoría de los integrantes de este género, que suelen aparecer en cualquier época del año en

sistemas someros hipertróficos y lagos urbanos como Tezozomoc (Komarek & Fott, 1983; Reynolds, 1984; Ortega & Rojo 2000; Oliva *et al.* 2008).

Dinámica de los grupos taxonómicos

La Chlorophyta y Cyanobacteria son los grupos más abundantes en este estudio y han sido reportadas en ambientes eutróficos y/o hipereutróficos con densidades altas, por ejemplo en el lago Arancio, Italia, Lago Tezozomoc, México, Barra Bonita, Brasil (Baronne & Nasselli, 1994; Oliva *et al.*, 2008; Álvarez & Jacobsen, 1992; *et al.* 2001). Chlorophyta es un grupo algal ampliamente distribuido en diferentes ambientes, estados tróficos y periodos estacionales, cuya distribución está limitada casi en su totalidad a las aguas dulces (Sandgren, 1988; Wetzel 1981). Es también un grupo muy diversificado taxonómicamente y se encuentran desde nano – picoplanctónicas de sistemas oligo–eutróficos, flagelados unicelulares y coloniales, desmidias y filamentosas, lo que le da al grupo una alta ubicuidad (Baronne & Nasselli 1994; Flórez 2011).

Las cianobacterias se han reportado en otros sistemas por Zalocar *et al.* (1998), Lindholm y Eriksson (1990), Gómez Nogueira (2000), Marinho & Moraes, (2002), Naselli (2003), y Fonseca & Bicudo (2008). Este grupo de organismos habita desde lagos oligotróficos hasta hipereutróficos muchos de ellos con propiedades tóxicas como *Anabaena* sp. *Anabaenopsis* sp. y pueden ser portadores de patógenos como bacterias, hongos, ciliados y ameboides, se han reportado en el Árticos, alpinos, tropicales, así como en embalses someros y profundos (Sandgren, 1988; Scheffer, 1997; Cruz, 2006).

Variación espacio-temporal de la abundancia total

Las altas densidades de fitoplancton son características de cuerpos de agua eutróficos y/o hipereutróficos, en la mayoría de los estudios las clorofitas y cianofitas son las más abundantes (Lionard *et al.* 2005; De la Lanza *et al.* 2008; Oliva *et al.* 2008; Neyran & Gonulol, 2008).

Con la recopilación de diferentes regiones del mundo en la que se han sugerido cuatro tipos de sucesión estacional para ambientes hipereutróficos someros: I) con dominancia de las cianofitas durante todo el año; II) con periodos cortos en los que predominan las diatomeas (otoño-invierno y principios de primavera), con la dominancia de cianofitas el resto del año y en algunos casos, con picos cortos de chlorococales; III) donde las diatomeas dominan al inicio de la primavera y las cianofitas dominan en primavera y verano, por último: IV) los flagelados dominan a principios de la primavera y las Chlorococcales dominan en primavera y verano (Álvarez-Cobelas y Jacobsen, 1992). La sucesión del tipo II es la que más se asemeja a este estudio debido a que las Cyanobacteria y las Chlorococcales se presentaron durante todo el ciclo de estudio (Fig. 9), pero es notorio que en este cuerpo de agua no se observa un patrón estacional claro debido a que en las zonas templadas es donde más marcadas están las estaciones del año. En Tabasco se reconoce la temporada de lluvias y la temporada seca (West & Thom. 1976). En este mismo sentido en datos generados en Brasil, se afirma que el fitoplancton de las regiones tropicales muestra una variación temporal menos contrastante que la observada en lagos templados (Esteves, 1988 en Oliva *et al.*, 2008).

9. CONCLUSIONES

Los grupos taxonómicos y las especies presentes, así como la alta abundancia del fitoplancton, la laguna de las Ilusiones se considera un ecosistema ubicado en el extremo eutrófico-hipereutrófico.

No se encontró ningún patrón de cambio temporal en la composición específica, ni en las clases algales

Las clorofitas en al menos un mes ocuparon más del 90% de la abundancia total.

La especie *Monoraphidium caribeum* se presentó a lo largo de todo el ciclo de estudio.

Se encontraron algunos géneros de cianofitas que desarrollan floraciones tóxicas y a menudo son portadores de patógenos como bacterias, hongos, ciliados y ameboides, como son *Anabaena* sp. y *Anabaenopsis* sp.

Para tratar de comprender la dinámica de las comunidades fitoplanctónicas es necesario hacer estudios semanales o mensuales durante varios ciclos anuales, debido a que las comunidades fitoplanctónicas fluctúan en el espacio y en el tiempo, con la finalidad de conocer la existencia o no de un patrón estacional.

10. LITERATURA CITADA

ALCOCER, D. J., KATO, E. ROBLES Y G. VILACLARA. 1988. Estudio preliminar del efecto del dragado sobre el estado trófico del Lago Viejo de Chapultepec. *Contaminación Ambiental* 4: 43-56 p.

ALCOCER, D. J. Y A. LUGO. 1995. The urban lakes of Mexico City (Lago Viejo de Chapultepec). *Lakeline* 15 (2): 14–31 p.

APHA, AWWA, WPCF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Analysis. American Public Health Association. Washington DC. 19 th. Edition. 1193 p.

ALVARADO D. J., ZUBIETA R. T, ORTEGA M. M. R, CHACÓN T. A, ESPINOZA G.R. 1984. Hipertroficación en un lago tropical somero (Lago de Cuitzeo, Michoacán, México). *Revista Biológica*, 1: 1-22 p.

ARREDONDO–FIGUEROA, J. L. Y A. Flores–Nava. 1992. Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura. *Hidrobiológica* 3/4: 1–10

ALVAREZ-COBELAS M. Y B. A. JACOBSEN. 1992. Hypertrophic phytoplankton; an overview. *Freshwater forum*, 2:184-199. p.

BARONE, R. Y NASELLI-FLORES, L. 1994. Phytoplankton dynamics in a shallow, hypertrophic reservoir (Lake Arancio, Sicily). *Hidrobiología* 289:199-214 p.

BORICS G., GRIGORSZKY I., SZABO S. & PADISAK J. 2000. Phytoplankton associations under changing pattern of bottom-up vs. top-down control in a small hypertrophic fishpond in East Hungary. *Hydrobiologia* 424: 79-90 p.

CALIJURI, MC. Y DOS SANTOS, ACA., 2001. Temporal variations in phytoplankton primary production in a tropical reservoir (Barra Bonita, SP – Brazil). *Hydrobiologia*, vol. 445, 11-26 p.

CALIJURI, M. C.; DOS SANTOS, A. C. A. E JATI, S. (2002), Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, SP - Brazil). *Journal Plankton Research*, 24, 617-634 p.

CARRILLO, P., L. CRUZ-PIZARRO, R. MORALES & P. SÁNCHEZ-CASTILLO. 1987. Cambios estacionales en las comunidades de fitoplancton y de zooplancton de la Albufera de Adra. *Limnética*, 3: 243-254 p.

CERVANTES. M. 2005. Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. ITESM- Campus Guaymas/CECARENA. Conservation International México/INE, México, 67 p.

CERVANTES-PÉREZ J, BARRADAS V.L, TEJEDA-MARTÍNEZ A, ANGULO-CORDOVA Q, TRIANA-RAMÍREZ C y GUTIERREZ-TEPACH G. 2000. Aspectos del clima urbano de Villahermosa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 16(31):10-18 p.

CENTRO DE ESTUDIOS LIMNOLÓGICOS, (C.E.L.), 1980. Estudio y Monitoreo de la calidad del lago de Chapala en Jaramillo, J., Limón, Ledesma, R., West, L., Álvarez, S. y Ruiz., Recopilación y primera etapa de información sobre calidad del agua. Secretaría de desarrollo urbano y Ecología, Dirección de prevención de la contaminación ambiental, 313 p.

CHACÓN, T.A., ROSAS-MONGE C. Y ALVARADO D. J. 2007. “El Lago Cuitzeo”, p. 305-338 p. en De la Lanza, E.G. y Hernández Pulido, P.S. (ed.). *Las Aguas Interiores de México; Conceptos y Casos*. AGT, Editor. México.

CHAPALA, B. C Y GUERRERO, R. A. 2001. Eutrofización; abundancia que mata. Como Ves. Revista de Divulgación de la Ciencia de la UNAM. Numero 134. 22-25 p.

CHANG W. L. A. 1989. Variación de la comunidad planctónica de la presa Requena, Hidalgo. Tesis de Lic. Biología. Fac. de Ciencias, UNAM. 112 p.

CRUZ. R. L, 2006. Distribución espacial y abundancia del fitoplancton, en temporada de estiaje en el vaso Cencali, laguna de las Ilusiones, Villahermosa Tabasco, México. Tesina. Licenciatura en Biología. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tab. 61 p.

DARLEY, W. M. 1987. Biología de las algas: Enfoque Fisiológico. LIMUSA. MÉXICO. 236 p.

DE LA LANZA ESPINO G. Y S. HERNANDEZ PULIDO, 2007. Las Aguas Interiores de México: Conceptos y Casos. AGT Editores, S. A. 695 p.

DE LA LANZA E. G., J. ALCOCER-DURAND, J. L. MORENO-RUIZ Y S. P. HERNÁNDEZ-PULIDO. 2008. Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la Laguna de Tres Palos Guerrero, México. Hidrobiológica 18 (1): 21-30 p.

DELLAMANO-OLIVEIRA, M. J., VIEIRA, A. A. H, ROCHA, O., COLOMBO, V. Y SANT'ANNA, CL., 2008. Phytoplankton taxonomic composition and temporal changes in a tropical reservoir. Fund. And Appl. Limnol.: Arch. für Hydrobiologie, vol. 171, no. 1, 27-38 p.

DE LEÓN L, CHALAR G (2003) Abundancia y diversidad del fitoplancton en el embalse SaltoGrande (Argentina-Uruguay). Ciclo estacional y distribución espacial. Limnetica 22:103-113 p.

ECO.INGENIERIA 1982. S.A. Estudio Limnológico de la Laguna de las Ilusiones Villahermosa Tabasco, México 109 p.

ESTEVEZ, F. DE A. 1988. Fundamentos de limnología. Interciencia/FINEP. RÍO DE JANEIRO. 575 p.

FONSECA, B.M. Y DE M. BICUDO, C.E. (2008). Phytoplankton seasonal variation in a shallow stratified eutrophic reservoir (Garcas Pond, Brazil). Hydrobiologia, 600: 267–282 p.

GARCÍA-RODRÍGUEZ Y TAVERA, S. R. L. (1998). Fitoplancton del lago Zempoala. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 63:85-100 p.

GOÑI, J A.S.T. CABRALES Y A. CLATAYUD. 1986 Memorias de la reunión Regional de la Sociedad de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. SEP. Villahermosa, Tabasco.

GONZALEZ. R. G. Y CRUZ. V. F. 2000, Fitoplancton en la Laguna Chignahuapan, Estado de México. Congreso Mexicano de Botánica. Tesis de licenciatura en Biología Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

HERNÁNDEZ, P. O. 1994. Determinación de las características tróficas de a laguna de las Ilusiones con base en un modelo cuantitativo de fósforo total. Tesis. Licenciatura en Biología. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas, 63 p.

HANSEN, A.M., VAN AFFERDEN Y F. TORRES BEJARANO. 2007. Saneamiento del Vaso Cencali, Villahermosa, Tabasco. 1. Contaminación y reúso de sedimentos. Ingeniería Hidráulica en México. XXII (4): 87-102.

INEGI-SSP, 1986 Síntesis Geográfica, Nomenclátor y Anexo Cartográfico del Estado de Tabasco. Instituto Nacional de Geografía y Estadística

KOMÁREK, J. Y C. ANAGNOSTIDIS. 1999. *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Cyanoprokaryota* 1. Teil: Chroococcales. Gustav Fischer, Stuttgart. 548 p.

KOMÁREK, J. J. Y B. FOTT. 1983. Chlorococcales. *Das Phytoplankton der Binnengewässer* 7 Stuttgart. 1044 p. Komárek, J. 2001. Review of cyanoprokaryotic genus *Romeria*. *Czech Phycology* 1: 5-19 p.

KOMÁREK, J. J 2000. Problems in cyanobacterial taxonomy: implication for most common toxin producing species. *Proceedings of the Workshop Le fioriture di alghe tossiche nelle acque dolci: emergenza sanitari e misure di controllo. Rapporti ISTISAN 02/09*, 6-43 p.

KIRSTEN. O. Y NAUWEREK. A. 1993. Stress and disturbance in the phytoplankton community of a shallow, hypertrophic lake, *Hidrobiología* 249:15-24 p.

LIMÓN, J., O. JARAMILLO, J., LEDESMA, WEST, L., ALVAREZ. S Y RUÍZ., 1986, recopilación, segunda etapa de evaluación sobre calidad del agua en el lago de Chapala, Jalisco. Subsecretaría de Ecología, Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Col, 404 p.

LIONARD, M. ORTEGA E.M. SEGURA M. Y CARMEN ROJO. 2005. Evolución del fitoplancton en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel (Ciudad Real, 1996-2002) *Asociación Española de Limnología, Madrid. Spain Limnetica*, 24(1-2): 171-182 p.

LEY FEDERAL DE DERECHOS. Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales. 2009. Comisión Nacional del Agua. 107 p.

LEE, G. F. 1970. Eutrophication Information Program, En Everet L, A, Mathematical model of primary productivity and limnological patterns in lake mead, Report on natural Resource Systems Collaborative effort between the following

department: Hydrology and water resources Biological Sciences, The University Arizona, Tucson. A. 151 p.

MANTERE, R Y HEINONEN, 1982. Quantity and Composition of Phytoplankton, Particularly Chlorophyta, in Lakes of Different Trophic Levels PVesietutkimuslaitoksen Julkaisuja No. 49, 58-63 p.

MARGALEF, R. 1983. Limnología. Ediciones. Omega. Barcelona. XV + 951 p.

MAGAÑA. 1990. La vegetación de la Laguna de las Ilusiones. Segunda Edic. UJAT. MÉXICO, 86 P.

MORA-NAVARRO M R., VAZQUEZ- GARCÍA J. A y VARGAS RODRÍGUEZ Y. L. 2004. Ordenación de comunidades de fitoplancton en el lago de Chapala, Jalisco-Michoacán, México. *Hidrobiológica* 14 (2): 91-103 p.

MOLINA E. MURGUÍA, J. F. F., 2000. Microorganismos fotosintéticos de los suelos inundables de Centla, Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 15(30): 37-50 p.

MOORE, J. W., D. E. SCHINDLER, M. D. SCHEUERELL, D. SMITH, Y J. FRODGE. 2003. Lake eutrophication at the urban fringe, Seattle region, USA. *Ambio*. BioOne, PubMed, CSA 32:13–18 p.

NASELLI, L. Y BARONE, R. 1998. Phytoplankton dynamics in two reservoirs with different trophic state (Lake Rosamarina and Arancio, Sicilia Italy). *Hydrobiologia* 369/370: 163-178 p.

NEYRAN E. S. Y GONULOL A. 2010. Seasonal succession and diversity of phytoplankton in a eutrophic lagoon (Liman lake), Turkey, *Journal of Environmental Biology*, 31(5) 629-636 p.

NOVOA MD, LUQUE ME, LOMBARDO D, MARTINEZ de FABRICIUS AL. (2011). Distribución temporal del fitoplancton en un lago urbano del centro de Argentina (Río Cuarto, Córdoba). *Biológicas*. 13 (2); 1-14 p.

NOVOA MD, LUQUE ME, LOMBARDO D, MARTINEZ de FABRICIUS AL. (2006). Estudio Ficológico de lagos urbanos artificiales, del sur de la provincia de Cordoba. *Biol. Soc. Argent. Bot.* 41 (3-4); 203-231 p.

MORENO RUIZ. J. L., 2005. Fitoplancton. Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. 33-64. México. 386 p.

NAUWERCK, A. 1963 Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton in Erken. *Symbolae Botanicae Upsalienses* 17. 163 p.

NASELLI. L. F Y BARONE. R., 2000. Phytoplankton dynamics and structure: Phytoplankton dynamics and structure a comparative analysis in natural and natural and man-made water bodies of different trophic state. *Universita di Palermo, Via Archirafi 38 I-90123 Palermo, Italy* 438: 65–74 p.

NASELLI-FLORES, L. 2003. Man-made lakes in Mediterranean semi-arid climate: the strange case of Dr. Lake and Mr. Shallow lake. *Hydrobiologia* 506/509: 13-21p.

NOTARIO AGUILAR. C. H., 1998. Abundancia relativa de diatomeas y su relación con las condiciones, tróficas del ecosistema acuático Laguna de las Ilusiones, Tesina Lic. en Biología. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tab. 68 p. 9 láms.

FONTÚRBEL, F. 2004 Modelo operacional ambiental y aspectos sociales relevantes del proceso de eutrofización localizada en cuatro estaciones experimentales del lago Titikaka. *Publicaciones Integrales*. La Paz. 241 p.

FONTÚRBEL, F.E., C. MOLINA y E. RICHARD. 2006a. Evaluación rápida de la diversidad de fitoplancton en aguas eutróficas del Lago Titikaka (Bolivia) y su uso

como indicador del grado de contaminación. *Ciencia Abierta Internacional* 29 [online].

ORTEGA, M.M., J.L. GODÍNEZ, G. GARDUÑO-SOLÓRZANO Y M.G. OLIVA. 1995. Ficología de México: Algas Continentales. AGT, México D.F., México. 215 p.

ORTEGA-MAYAGOITIA, E. Y C. ROJO. 2000a. Fitoplancton del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel. II Las cianofíceas, los dinoflagelados, las criptofíceas, las crisofíceas y las xantofíceas. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 57:251-266-266

ORTEGA-MAYAGOITIA, E. Y C. ROJO. 2000b. Fitoplancton del Parque Nacional Las Tablas de Daimiel. III Diatomeas y Clorofitas. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 58:17-37 p.

OLIVA MARTINEZ, MARÍA GUADALUPE; RODRIGUEZ ROCHA, ARMANDO; LUGO VAZQUEZ, ALFONSO Y SANCHEZ RODRIGUEZ, MARÍA DEL ROSARIO. 2008. Taxonomical composition and dynamics of phytoplankton in an urban hypertrophic lake. *Hidrobiológica*. vol.18 (1 Suplemento): 1-13 p.

OSORIO S. J. J Y LÓPEZ P. R. 2005. Diversidad y Distribución del Fitoplancton de la laguna el Balsón, Tabasco, México. Tesis Lic. en Biología. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, 211 p.

PADRON R.B.B. 2004. Calidad del agua en la laguna de las Ilusiones y su relación con la distribución del manatí (*Trichechus manatus manatus*) en el Municipio de Centro, Tabasco, México. Tesis. Licenciatura en Biología. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas, 35-74 p.

PRESCOTT, G. W., 1964. "How to Know the Fresh Water Algae". Brown Co. Publish. Dubuque. 272 p.

PESSON, P. 1979. La contaminación de las aguas continentales. Incidencias sobre las biocenosis acuáticas. Mundi Prensa. Madrid. 335 p.

PRIMARCK, R., REZZI, R., FENSINGER P., DIRZO, R., MASSANDRO, F., 2001. Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latino americanas Fondo de cultura económica. México. 783 p.

QUIROZ H. C., MORA. L. M. Z., MOLINA. I. M. A. & GARCIA. J. R. (1993). Variación de organismos Fitoplanctónicos y la Calidad del Agua en el Lago de Chapala, Jalisco, México Durante el Periodo 1992- 93. Laboratorio de Hidrobiología del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 32 p.

ORTEGA M. M, GODÍNEZ J. L, GARDUÑO SG, OLIVA MG (1994) Ficología de México: algas continentales. AGT. México. 221 p.

OECD,1982. Eutrophication of waters. Monitoring. Assesment and Control. OECD. Paris. 164 p.

OLIVA MARTÍNEZ M. G. A. RODRÍGUEZ ROCHA, A. LUGO VÁZQUEZ Y M. R SÁNCHEZ RODRÍGUEZ. 2008. Composición y dinámica del fitoplancton en un lago urbano hipertrófico. Hidrobiológica 18 (1 suplemento):1-3 p.

ORTEGA MURILLO M. R. ALVARADO VILLANUEVA R. HERNÁNDEZ MORALES R. SÁNCHEZ HEREDIA J. DIEGO. 2010. Evolución trófica de un lago tropical hiposalino en México con base al fitoplancton. Biológicas. 12(2): 75–81 p.

ORTEGA. M. M., 1984. Catálogo de Algas Continentales Recientes de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Coordinación de la Investigación Científica. Instituto de Biología. México. 565 p.

RAMOS-HIGUERA E, J ALCOCER, E ORTEGA-MAYAGOITIA Y A. CAMACHO (2008) Nitrógeno: elemento limitante para el crecimiento fitoplanctónico en un lago oligotrófico tropical. *Hidrobiológica* 18 (1 Suplemento), 105-113 p.

REYNOLDS, C. S. 1984. *The ecology of fresh water phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge.

REYNOLDS, C. S., 1997. Vegetations processes in the pelagic: a model for ecosystem theory. En: *Excellence in Ecology* nº 9. Kinne, O. (Ed.). Ecology Institute, Germany.

REYNOLDS, C. S., 1988. Functional morphology and adaptative strategies of freshwater phytoplankton. En: *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Sandgren C. (Ed.). Cambridge University Press.

RODRÍGUEZ. R. E., 2002. *Las Lagunas continentales de Tabasco*. Primera edición. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 264 p.

ROJO C., E. ORTEGA-MAYAGOITIA, M. A. RODRIGO & M. ALVAREZ-COBELAS. 2000a. Phytoplankton structure and dynamics in a semiarid wetland, the National Park "Las Tablas de Daimiel" (Spain). *Archiv Für Hydrobiologie*, 148:397-419 p.

SALAS H. J 1996. *Curso de eutrofización en lagos tropicales, enfoque del problema de eutrofización*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente. División de Salud y Ambiente, Organización Mundial de La Salud, Lima Perú. 24 p.

SCHEFFER, M., RINALDI, S., GRAGNAMI, A., MUR, L.R. & VAN NES, E.H. (1997). On the dominance of filamentous Cyanobacteria in shallow, turbid lakes. *Ecology*, 78: 272–282 p.

SEMARNAP, 1989 Comisión Nacional del Agua, con base en: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, «Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89», Diario Oficial de la Federación.

SEMARNAT, 2011. Gaceta Ecológica. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, AÑO IX SEPARATA N° DGIRA/030/011. México. D.F. 3p.

SCAOP, 1984. Plan maestro laguna de las Ilusiones. Secretaría de Comunicaciones, Asentamientos Humanos y Obras Públicas. Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tab. 146 p.

TELL, G. Y V. CONFORTI, 1986. Euglenophyta pigmentadas de la Argentina. Bibl. Phycol., ed. CRAMER, Berlin, Stuttgart, 301 p.

WETZEL. R. G. 1981 Limnología. Ediciones Omega Barcelona, España 679 p.

WETZEL R. G. 2001. Limnology. Academic Press. USA. 1006 p.

WETZEL R. G. & G. R. LIKENS. 2000. Limnological Analyses. Springer, Nueva York. 429 p.

WEHR. J. D. Y SHEATH R. G., 2003. Fresh water Algae of North America. Academic Press. San Diego. 918 p.

WEST R.C., N. P. SUTY & B.G. THOM. 1976. Las tierras bajas de Tabasco en el sureste de México. Gob. Edo. Tabasco, 199 p.

WESTERN, D. 2001 Human-modified ecosystems and future evolution. PNAS, 98, 5458-5465 p.

ZALOCAR, L. G. 1998. Variaciones espaciales y temporales del fitoplancton en un lago subtropical de argentina. Revista Brasileira Biológica 58: 359-382 p.

Anexo 1

**CATALOGO DE MORFOESPECIES
FITOPLANCTÓNICAS PRESENTES EN LA LAGUNA
DE LAS ILUSIONES, VILLAHERMOSA, CENTRO
TABASCO.**

DIVISION CLOROPHYTA

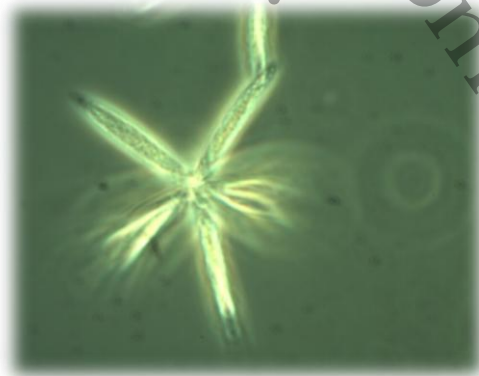
CLASE: Chlorophyceae

ORDEN: Chlorococcales

FAMILIA: Scenedesmaceae

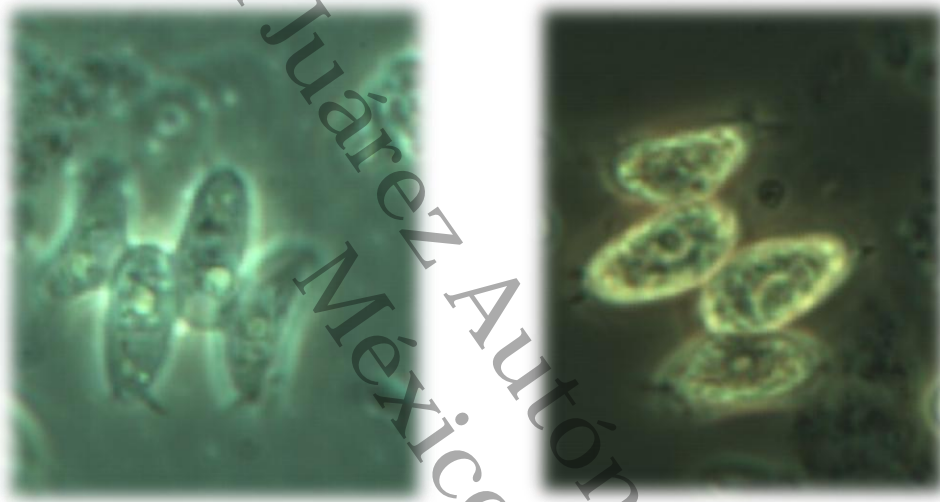
***Actinastrum* sp. Lagerheim**

La colonia es de (4)-8-(16) células unicelulares, son más largas que anchas, cilíndricas con forma de cigarro, en la parte central se encuentra un mucílago que las mantiene unidas, es de agua dulce y generalmente se encuentra en el fitoplancton, zanjas, estanques y lagos eutróficos, probablemente es el género de algas verdes más reportada en todo el mundo, ampliamente distribuido en Norteamérica y del Ártico a los biomas tropicales, reportada para Tabasco por Moreno (2005).y en la base de datos de la División Académica de Ciencias Biológicas



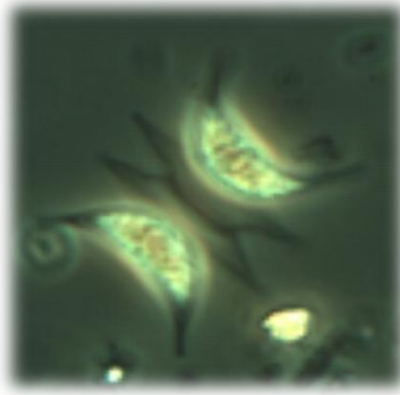
***Scenedesmus smithii* Chodat**

Cenobio de uno a cuatro células, con las células dispuestas en una serie subalterna. Células más o menos naviculoides, las células están en contacto unas con otras, planas con espinas fuertes. Las células miden de 4 a 5 μm de ancho y de 15 a 23 μm de longitud, conocida en Norteamérica y Suecia. Taxa reportado por primera vez para Tabasco.



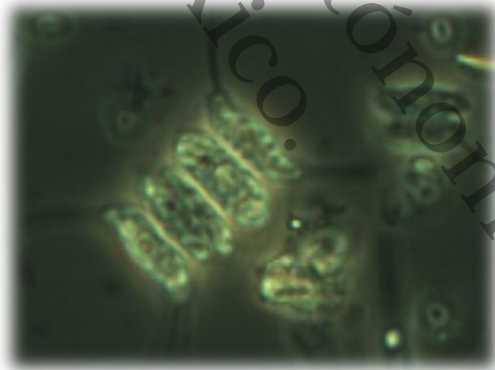
***Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat**

El cenobio es curvado de cuatro a ocho células con forma punteada al final, el cenobio tiene forma semilunar curvada, es una forma muy distintiva de esta especie, tiene cloroplastos con un pirenoide. Ampliamente distribuida, habita principalmente en estanques, lagos, pantanos. Reportada por Moreno (2005) y Cruz (2006).



***Scenedesmus longispina* R. Chodat**

Cenobio de 4 (8 o 16) células adheridas dispuestas en forma lineal o zigzag y regularmente tiene proyecciones espinosas, algunas especies pueden estar abolladas, la forma de la célula puede ser cilíndrica o curvada; primer registro para el estado de Tabasco.



***Scenedesmus tropicus* W.B. Crow**

Cenobio de cuatro células subcuadradas, células más o menos biconvexas en la mitad atenuadas hacia el final y con polos inflados, células adyacentes conectadas

hacia otra, dejando una línea intercelular; las células terminales tienen espinas, las células miden de 7 a 9 μm de ancho y de 28 a 38 μm de longitud, las espinas de 17.6 a 24.6 μm de largo, son comunes en estanques.



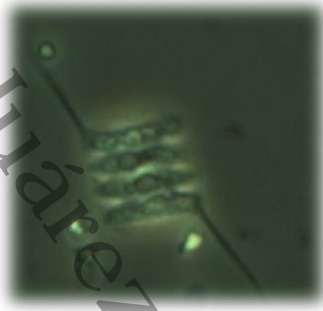
***Scenedesmus cf. quadricauda* Chodat**

Cenobio usualmente de cuatro células, a veces de dos a ocho células, las células son oblongas cilíndricas con terminaciones redondeadas, una serie lineal, los polos terminales más o menos rectos con espinas. Las células miden de 3 a 7 μm de ancho y de 9 a 18.5 μm de longitud, las espinas de 6.5 a 15 μm de largo. Se ha reportado en lagos de la India.



***Scenedesmus armatus* Chodat**

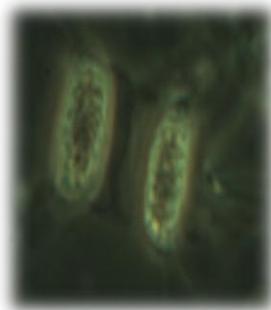
Cenobio usualmente de cuatro células raramente de ocho, las células terminales poseen una sola espina en cada polo. Las células miden de 3 a 8 μm de ancho y de 7 a 16 μm de longitud, las colonias de células de 7 a 16 μm , 7 de 18 a 25 μm de longitud, algas muy comunes en charcas y rocas, reportada en América del Norte, Europa, África, India, China y Japón. Reportada para Tabasco por Cruz (2006).



Especies indeterminadas del género *Scenedesmus*: No fue posible asignarles el nombre por no corresponder con precisión a las especies conocidas y por el bajo número de ejemplares observados, pero a continuación se presentan algunas imágenes de ellas.

***Scenedesmus* sp.1**

Las células de los extremos son más anchas y largas que las centrales.



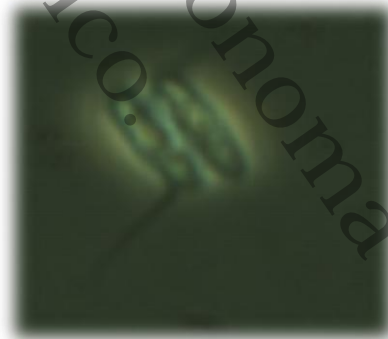
***Scenedesmus* sp. 2**

Cenobio formado por cuatro células con espinas en los extremos de las células terminales



***Scenedesmus* sp. 3**

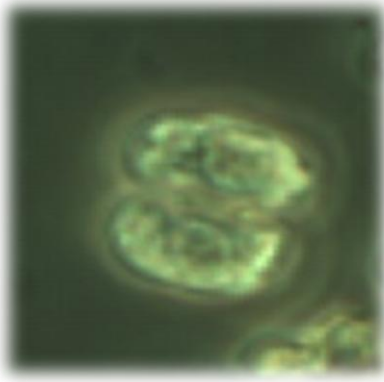
El cenobio está formado por un par de células que tienen una espina en cada extremo de lado opuesto a la célula agregada.



***Scenedesmus* sp. 4**

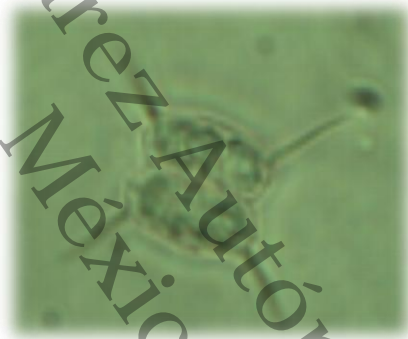
Es un cenobio que solo está formado por un par de células semicirculares.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.



Scenedesmus sp. 5

El cenobio cuenta con cuatro espinas terminales una en cada extremo de la célula.



Scenedesmus sp. 6

Las espinas de este cenobio se encuentran en toda las células en forma de espiral.



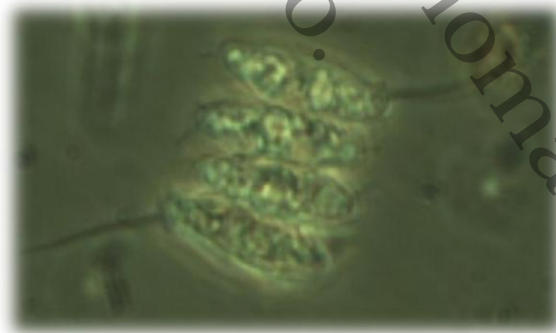
***Scendesmus* sp. 7**

Este cenobio está formado por un par de células con dos espinas verticales en cada célula.



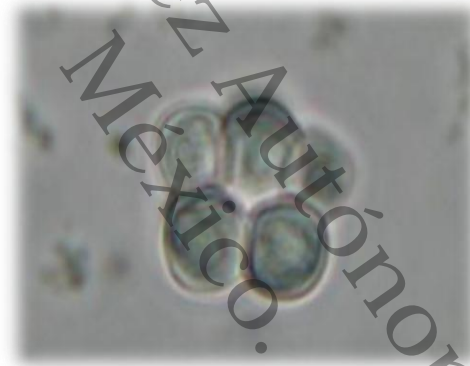
***Scendesmus* sp. 8**

Muy parecida a *Scendesmus armatus*, solo que este organismo posee espinas pequeñas en los extremos de cada célula.



***Coelastrum astroideum* De Notaris**

De forma esférica, piramidal o cuboides, colonias flotantes. Las células más o menos densamente alineadas pero por lo general con espacios vacíos entre los intersticios de la pared. Las células miden entre 5 μm de largo y 3 μm de ancho. Se unen en los bordes de las placas de pared especializada. Las paredes celulares, pueden ser ultra estructuralmente de superficie arrugada, tiene un cloroplasto único y parietal con pirenoide único. La reproducción es asexual. Es planctónica y reportada para todas las regiones de Norteamérica incluido el Caribe y América central. Presente en ambientes mesotróficos y estanques eutróficos, reportada por Moreno (2005).



***Coelastrum microporum* Naegeli**

Cenobio formado por células que están conectadas unas a otras por cortos y gruesos apéndices. Son células sin proyecciones en su superficie, de esféricas a ovoides, los cloroplastos tienen forma de copa y tienen un pirenoide, la reproducción es asexual, reportada en Tabasco por Cruz (2006).

FAMILIA Dictyosphaeriaceae

***Dictyosphaerium* sp. Nägeli**

La colonia se encuentra dentro de una vaina gelatinosa, la célula es esférica, elíptica o en forma de pera; las células hijas se encuentran adjuntas, irradian desde el centro de la colonia; presenta un único cloroplasto en forma de taza, con un pirenoide. Común en el fitoplancton de estanques, lagos y ríos, raramente abundante pero reportada para Norteamérica, y del Ártico a localidades tropicales; en Tabasco fue reportada por Cruz (2006).

FAMILIA Selenastraceae

***Kirchneriella* c.f. *contorta* Schmidle**

Colonial, con 2-4-8 a 64 células dispersas en una envoltura mucilaginoso homogénea. Las células cilíndricas, semilunar, en forma vermiforme con paredes celulares suaves miden de 0.7 a 2.0 μm de ancho y de largo de 8 a 14 μm . con cloroplasto único y parietal, pirenoides de 1-4 por célula. La reproducción asexual por autosporas; planctónicas o en el litoral de agua dulce, habita en estanques y pantanos, es cosmopolita, en Tabasco reportada por Moreno (2005).

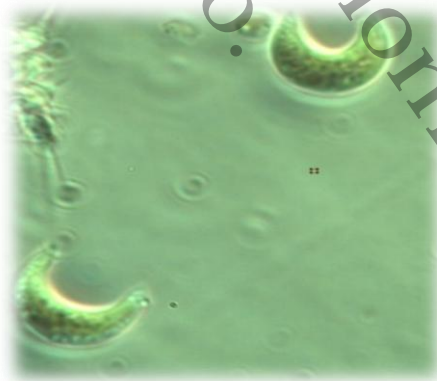
***Monoraphidium minutum* (Nägeli) Komárková-Legnerová**

Células fusiformes muy curvadas, con forma de media luna o ligeramente en forma de espiral. Las puntas de las células son redondeadas, a veces algo afiladas. La célula mide 8 μm de largo de punta a punta, reportada para Tabasco por Moreno (2005) y Cruz (2006).



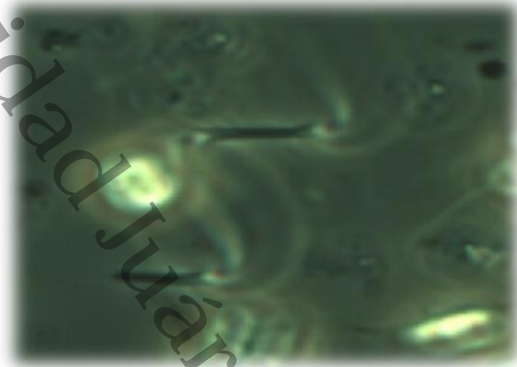
***Monoraphidium caribeum* Hindák**

Alga unicelular encerrada en un mucílago, en forma de luna, torcida a menudo por los extremos, las paredes celulares son lisas con un cloroplasto. La célula mide 15 μm de punta a punta. Reportada para Tabasco por Cruz (2006).



***Monoraphidium contortum* (Thuret) Komàrková-Legnerová**

Células solitarias, tiene forma de espiral, la pared celular es delgada, tiene un cloroplasto. A menudo los extremos son alargados. Reportada por Moreno (2005) y Cruz (2006).



***Nephrocytium cf. lunatum* W. west**

Las células más o menos con forma de media luna con un lado convexo y otro cóncavo y el final punteado, las células están dispuestas dentro de una capa gelatinosa envueltas para formar colonias de 4-8-16 células, posee un solo cloroplasto y un pirenoide, las células miden 0.9 μm de ancho y de 14 a 21 μm de longitud; reportada en Tabasco por Osorio y López (2005).

***Nephrochlamys* sp. Korshikov**

Células solitarias o en colonias de 2-4-8 células dentro de la pared celular madre. Sin mucilago, en forma semilunar, las células son ligeramente torcidas anchamente redondeada a ligeramente acuminada, con cloroplasto único y parietal, sin pirenoide. La reproducción es asexual, planctónicas, ampliamente distribuida en el mundo. Reportada en Tabasco por Cruz (2006).

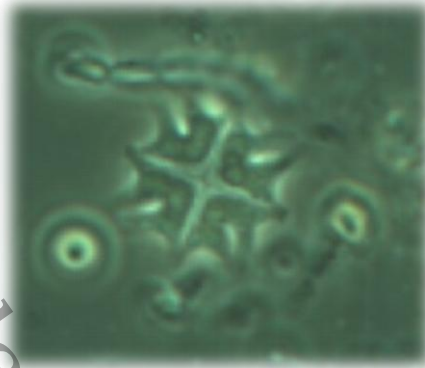


FAMILIA Hydrodictyaceae

***Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs**

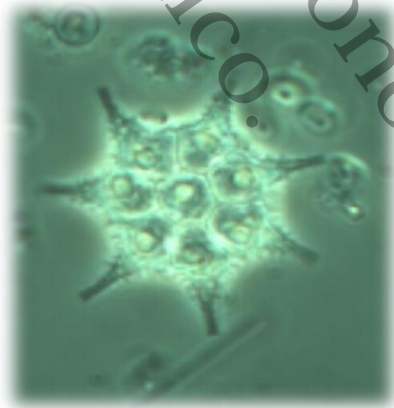
Una característica morfológica de esta especie es que tiene forma de cruz, las proyecciones no están bien desarrolladas. Las células marginales son tan largas como amplias. Reportada para Tabasco por Moreno (2005) y Cruz (2006).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco



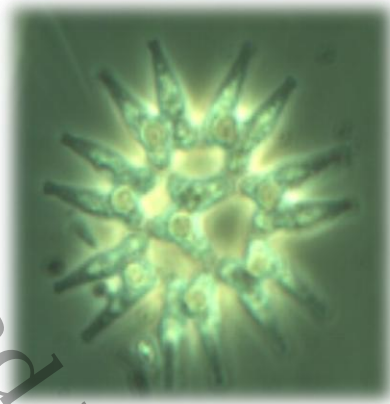
***Pediastrum simplex* Meyen**

Los individuos de esta especie presentan células marginales alargadas, con forma triangular y las células centrales se encuentran unidas de forma muy compacta o están ausentes. Reportada por Moreno (2005) y Cruz (2006).



***Pediastrum duplex* Meyen**

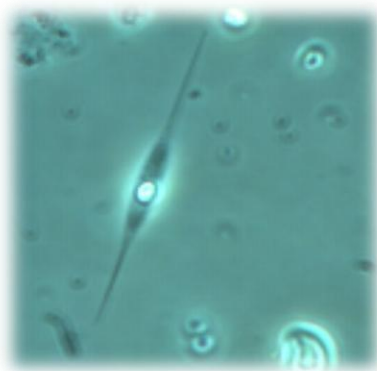
Colonias con un número fijo de las células, las células marginales son profundamente recortadas, sólo fusionadas en la base, y presentan dos lóbulos muy prolongados. Reportada por Moreno (2005) y Cruz (2006).



FAMILIA Characiaceae

***Schroederia* sp. Lemmermann**

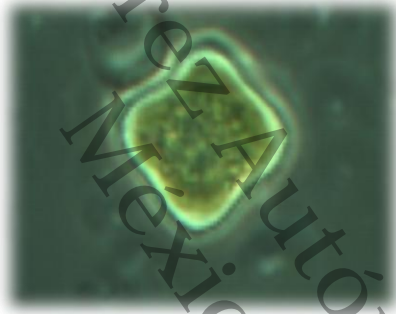
Unicelular, estas células pueden llegar a medir hasta 60 μm de longitud, planctónica, cuerpo celular alargado en forma de huso, ambos extremos con proyecciones espinosas, un cloroplasto único, con un pirenoide. Reportada para Tabasco por Osorio y López (2005).



FAMILIA Chlorococcaceae

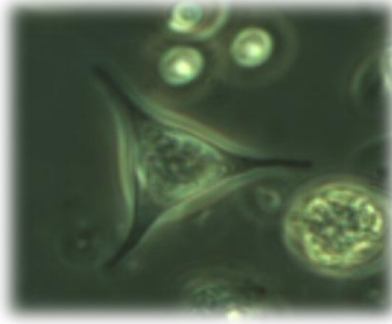
***Tetraedron minimum* (A. Braun) Hansgirg**

Tiene espinas dorsales cortas a sus costados, la célula tiene forma cuadrangular o tetragonal, la pared celular es engrosada; la célula tiene 5 µm de ancho, membrana celular lisa hundida más o menos profundamente en los lados, habita principalmente en estanques y charcas reportada por Moreno (2005) Osorio y López (2005) y Cruz (2006).



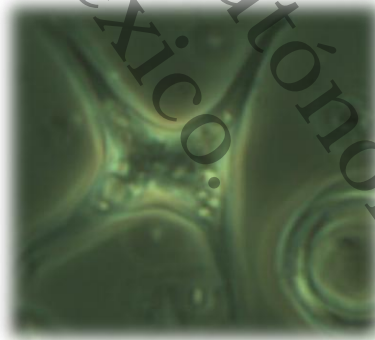
***Tetraedron triangulare* Korschikoff**

Las células son solitarias de forma triangular o piramidales, de tres a cinco ángulos extendidos, las espinas dorsales tienen una base inflada y son más largas que el diámetro de la célula, tienen un cloroplasto parietal y un pirenoide. Reportada para Tabasco por Moreno (2005) y Osorio y López (2005).



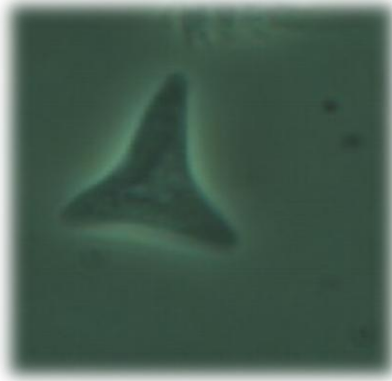
Tetraedron sp.

Son células solitarias que flotan libremente, planas o triangulares, cuadrangulares o poligonales, la pared celular es relativamente delgada, habita en el plancton de agua dulce y se considera un género cosmopolita.



***Tetraedron cf. muticum* (Reinsch) De Toni**

Es un organismo unicelular de forma esférica o elipsoidal, también puede tener forma de estrella con o sin pirenoides de agua dulce y ampliamente distribuida en Japón.



ORDEN Chlorococcales

FAMILIA Scenedesmaceae

***Tetrastrum staurogeniforme* (Schröder) Lemmermann**

Es un cenobio formado por células planas y tienen de 1 a 4 espinas afuera de sus paredes, las células son pueden ser ovaladas en forma de corazón. Reportada por Osorio y López (2005).



ORDEN Chlamydomonadales

FAMILIA Haematococcaceae

***Chlorogonium* sp. Ehrenberg.**

Talos unicelulares generalmente en forma de huso (fusiforme) o muy alargada en el eje del flagelo. Cada célula tiene dos vacuolas contráctiles dispersas por todo el citoplasma, los flagelos anteriores son típicamente más cortos que la longitud de la célula. Los pirenoides pueden estar presentes o ausentes, dependiendo de la especie, reportada por Moreno (2005).

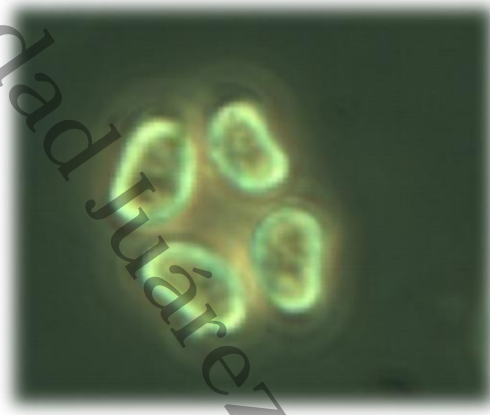


ORDEN Chlorellales

FAMILIA Oocystaceae

***Crucigeniella pulchra* (W. West & G.S. West) Komárek**

Es un cenobio formado por cuatro unicelulares, son, algo recurvadas, con los extremos engrosados, dejando un espacio central romboidal, posee pirenoide. Las células miden 3 μm de ancho y 6 μm de largo. La reproducción es asexual por autoesporas, reportada por Cruz (2006).



CLASE Trebouxiophyceae

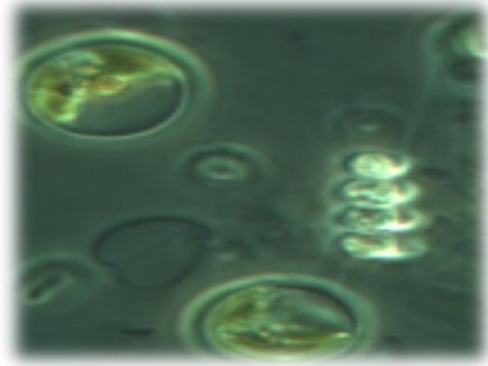
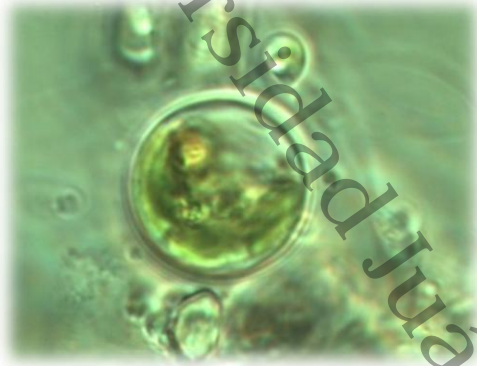
ORDEN Chlorellales

FAMILIA Chlorellaceae

***Chlorella* sp. M.Beijerinck**

Las células son solitarias o agrupadas en pequeños grupos. Las células son globosas o elipsoidales. Con o sin pirenoide, la reproducción es asexual por autoesporas, reportada en el fitoplancton de estanques y lagos, también en el suelo húmedo, ampliamente distribuida en hábitats marinos y de agua dulce, se

considera cosmopolita, en Tabasco reportada por Osorio y López (2005) y Moreno (2005).



DIVISION CYANOPHYTA

CLASE Cyanophyceae

ORDEN Nostocales

FAMILIA Nostocaceae

***Anabaenopsis* sp. V.V.Miller**

El talo es filamentoso, flotan libremente. Con o sin constricciones en las paredes, pero tienen una envoltura mucilaginosa difusa, los tricomas se rompen entre heterocistes maduros,. Varios pares de heterocistes jóvenes pueden estar situados en intervalos regulares. Reportada por Moreno (2005) y Osorio y López (2005).



ORDEN Chroococcales

FAMILIA Chroococcaceae

***Chroococcus* sp. Nägeli**

Las células o grupos de células están conformadas por 2 ó 4 células rodeados por mucílagos. Usualmente se encuentran en forma microscópica, esféricas o colonias compuestas, raramente formando aglomeraciones, los mucílagos coloreados tienen menos color o son amarillentos. Su reproducción es por fisión binaria, miden en promedio de 0.7 a 50 μm de diámetro, reportada por Moreno (2005) y Osorio y López (2005).



ORDEN Chroococcales

FAMILIA Gomposphaeriaceae

***Gomposphaeria* sp. Kützing**

Colonias microscópicas, esféricas o irregulares, generalmente compuesta de varias colonias hijas, de vida libre (habita principalmente en el metafiton), por lo general envuelto por el mucílago. Género reportado en Tabasco, por Moreno (2005).

ORDEN Chroococcales

FAMILIA Microcystaceae

***Gloeocapsa* sp. Kützing**

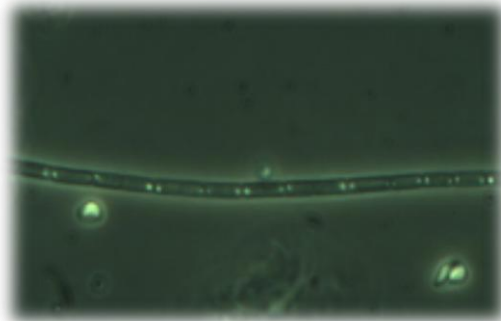
Se presentan en colonias microscópicas usualmente esféricas, agregadas en un mucílago microscópico. Las células son globulares u ovaladas y generalmente tienen color azul-verde pálido; reportada por Moreno (2005) y Osorio y López (2005).

ORDEN Pseudanabaenales

FAMILIA Pseudoanabaenacea

***Limnothrix* sp. (Van Goor) Meffert**

Los tricomas tienen 2 μm de ancho y 48 μm de largo. Las células no tienen vainas, son cilíndricas principalmente alargadas y poseen vacuolas de gas. Usualmente viven libremente en el plancton. Reportada por Cruz (2006).



ORDEN Chroococcales

FAMILIA Merismopediaceae

***Merismopedia* cf. *tenuissima* Meyen**

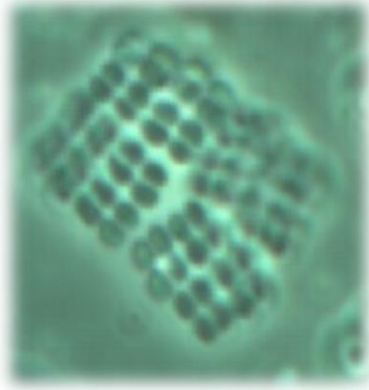
Son colonias más o menos rectangulares que tienen un manto de células, arregladas libremente o densamente en líneas perpendiculares y envueltas por finos mucílagos decolorados, usualmente indistintos y marginalmente difusos, las células se encuentran estrechamente unidas pero con espacios notorios entre ellas. Reportada por Moreno (2005), Osorio y López (2005) y Cruz (2006).



***Merismopedia* sp. 2**

Especie indeterminada del género *Merismopedia*: No fue posible asignarle el nombre por no corresponder con precisión a las especies conocidas y por el bajo número de ejemplares observados, pero a continuación se presentan algunas imágenes de ellas

La colonia tiene células aparentemente en pares.

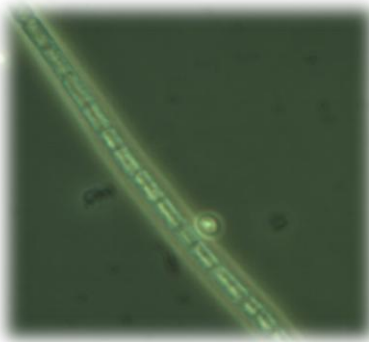


ORDEN Pseudanabaenales

FAMILIA Pseudoanabaenacea

***Pseudanabaena* sp. Lauterborn**

Los tricomas son solitarios y finas hebras derechas; son cortas, consistiendo de pocas a varias células, largas con muchas células usualmente con conspicuas constricciones a través de las paredes. Las células miden de 1 a 3.5 μm de ancho, el tricoma carece de espinas, en ocasiones tiene un ancho pero fino mucílago difuso, reportada por Cruz (2006).

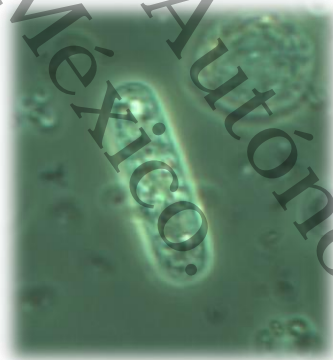


ORDEN Oscillatoriales

FAMILIA Phormidiacea

***Planktothrix* sp. Anagnostidis & Komárek**

Los tricomas son solitarios, flotan libremente más o menos derechos o ligeramente curvado, isopolares (ambos polos con la misma morfología), cilíndricos, no constrictos o ligeramente constrictos en las paredes, las células son cilíndricas, género reportado por Moreno (2005) y Osorio y López (2005).



ORDEN Pseudanabaenales

FAMILIA Pseudoanabaenacea

***Planktolyngbya* sp. Anagnostidis y Komárek**

Los filamentos flotan libremente, pueden ser solitarios. Células cilíndricas, usualmente más largas que anchas. La reproducción se lleva a cabo por fragmentación sin células necróticas reportada por Cruz (2006).

ORDEN Nostocales

FAMILIA Nostocaceae

***Raphidiopsis* sp. Skuja**

Son células solitarias que llegan a agruparse en filamentos y son de libre flotación, sin mucilago, recto, ondulado o tornillo-como en espiral, isopolar, por lo general ligeramente atenuados hacia ambos extremos, varias especies se producen sólo en zonas tropicales reportado por Moreno (2005).

DIVISIÓN HETEROKONTOPHYTA

CLASE: Bacillariophyta

ORDEN: Aulacoseirales

***Aulacoseira* cf. *granulata* (Ehrenberg) Simonsen**

Las células estrechamente ligadas al formar largos filamentos rectos, son comunes de agua dulce a menudo suelen ser planctónicas, reportada para Tabasco por Moreno (2005).



ORDEN Thalassiosirales

FAMILIA Stephanodiscaceae

***Cyclotella* sp. (Kützing) Brébisson**

Son células aplanadas o en forma de tambor, con estrías radiales muy marcadas, las superficies de las valvas tienen ondas concéntricas, con estructuras muy delicadas comúnmente vive en aguas estancadas, en Tabasco ha sido reportada por Notario (1998), Moreno (2005) y Osorio y López (2005).

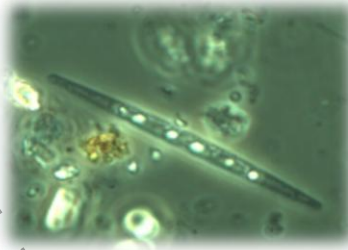
ORDEN Bacillariales

FAMILIA Bacillariaceae

***Nitzschia* sp. Hassall**

Las células son usualmente largas derechas y estrechas, o pueden ser ovoides o ligeramente sigmoides, con los extremos terminados en puntas ligeramente redondeadas. Las estrías transversales son muy finas, casi imperceptibles. Este

es un género con cientos de especies marinas y de agua dulce, reportada por Moreno, (2005) y Osorio y López (2005).



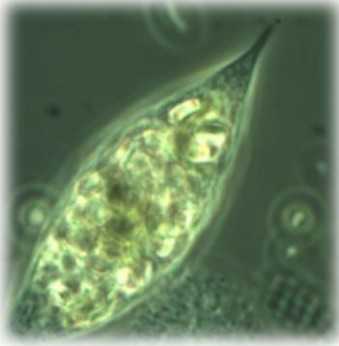
**DIVISION EUGLENOPHYTA
CLASE EUGLENOPHYCEAE**

ORDEN Euglenales

FAMILIA Euglenaceae

***Euglena* sp. 1 Velata G.A.Klebs**

Se encuentra distribuida mundialmente, son células móviles de ovoides-cilíndricas a estrechas fusiformes, las células pueden exhibir metabolitos y son muy voluminosas, de lados convexos, también habitantes comunes de aguas estancadas someras.



Euglenofita sp. 2

Especie indeterminada de la división Euglenophyta: No fue posible asignarles el nombre por no corresponder con precisión a las especies conocidas y por el bajo número de ejemplares observados, pero a continuación se presentan algunas imágenes de ellas.



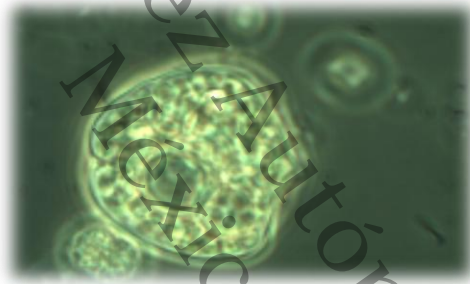
FAMILIA Phacaceae

***Lepocinclis* sp. Perty**

Las células son redondas, completamente rígidas; membrana con estrías espiraladas con una punta terminal claramente delimitada con una mancha ocular roja, posee numerosos cloroplastos verdes en forma de disco, habita en el plancton de aguas estancadas, reportada en la base de datos de la DACB.

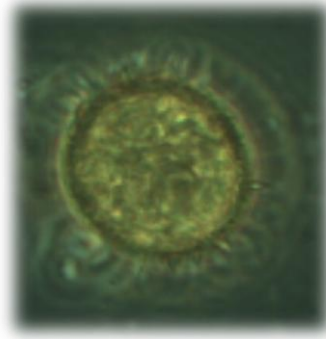
***Phacus* sp. Dujardin**

Células con una corta espina oblicua, un lado del cuerpo aplanado, el otro convexo, abombado, membrana con estriación longitudinal, flagelo algo más largo que el cuerpo. Cloroplastos en forma de placas, viven principalmente en aguas estancadas, reportadas para Tabasco por Moreno, (2005).



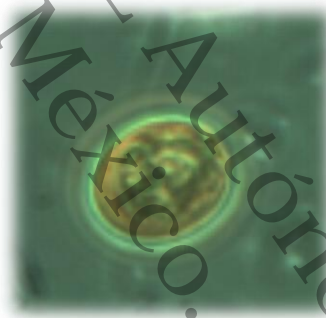
***Trachelomonas* cf. *hispida* (Perty) F.Stein**

Los integrantes de este género tienen la forma característica de las euglenas pero cada célula está encerrada en la lóricas. Ésta es de esférica a ovoide con una pequeña abertura circular abriéndose con un distintivo y abrupto collar en el cual el flagelo emergente, reportadas para Tabasco por Moreno, (2005).



***Trachelomonas* cf. *volvocina* Ehrenberg**

Célula más o menos ovoide posee una lórica y es reportada en aguas estancadas principalmente.



CLASE Xanthophyceae

ORDEN Mischococcales

FAMILIA Pleurochloridaceae

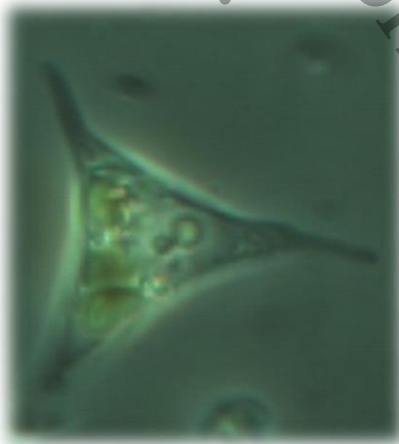
***Tetraëdriella* sp. Pasher**

Las células son solitarias y piramidales o tetragonales, las paredes son ornamentadas, es parecida a *Pseudostaurastrum* la cual tiene forma celular similar pero no tiene ornamentación regular como este género. La reproducción ocurre por auto esporas, se puede encontrar en lagos mesotróficos y eutróficos, estanques y piscinas, primer reporte para Tabasco.



***Pseudostaurastrum* sp. R.Chodat**

Las células son solitarias piramidales, lobuladas, con ramificaciones con o sin espinas, sus paredes están suaves u ornamentadas, su reproducción es mediante autoesporas, es metafítica y habita en cuerpos de agua mesotróficos, primer reporte para Tabasco.



Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

ANEXO 2

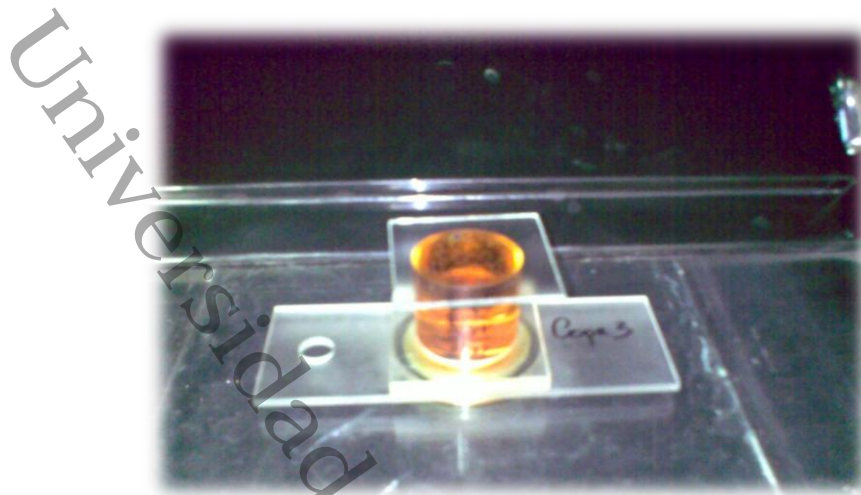


Figura 1. Cámara de sedimentación.

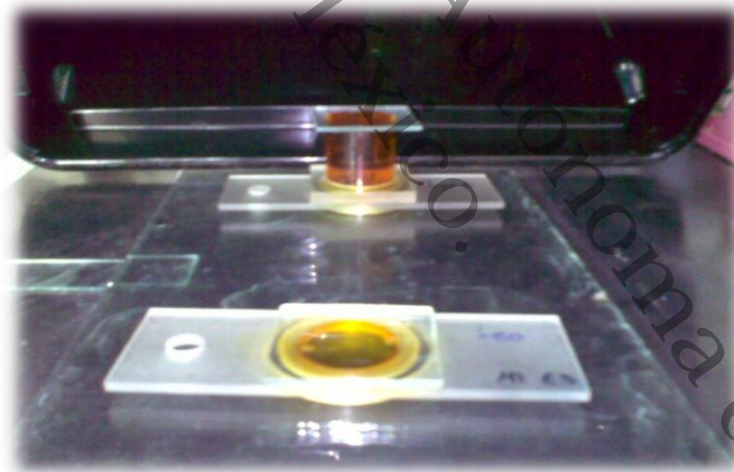


Figura 2. Muestra sedimentada.



Figura 3. Montaje de la muestra.



Figura 4. Identificación del fitoplancton.

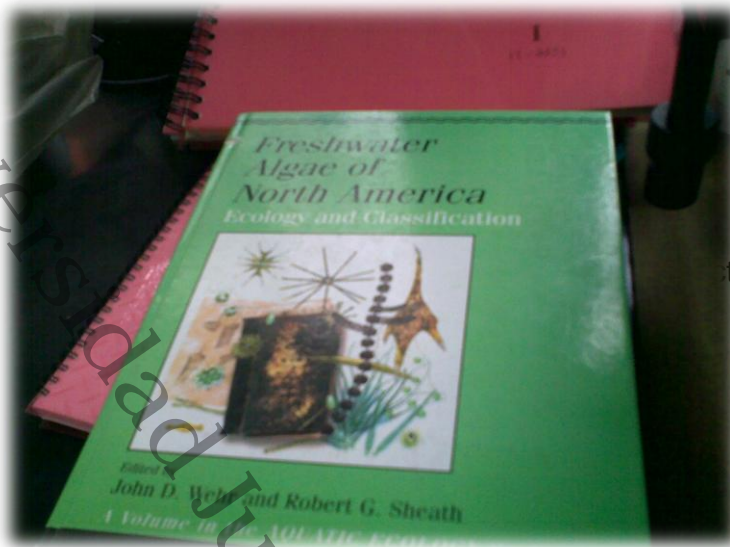


Figura 5. Claves de identificación.



Figura 6. Conteo de fitoplancton.