



Ocurrencia nictimeral del fitoplancton en la época de lluvias en el lago tropical profundo de Tacámbaro, Michoacán, México

Rubén Hernández-Morales¹, María del Rosario Ortega-Murillo¹, Juan Diego Sánchez Heredia¹, Reyna Alvarado Villanueva¹ y María Silvia Aguilera Ríos²

¹Laboratorio de Biología Acuática "J. Javier Alvarado Díaz", Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán. ²Laboratorio de Análisis Químico "Q. Rosa María Torres Ponce de León", Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio B4 segundo piso, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán. quercusbios@hotmail.com

PALABRAS CLAVE

fitoplancton;
nictimeral;
lago cráter

RESUMEN

La distribución del fitoplancton en los lagos depende de factores internos (nutrimentos, temperatura, irradianza, pH y dinámicas poblacionales) y externos (viento, precipitación y radiación solar), que dan lugar a la ocurrencia de distintos grupos algales a diferentes profundidades en un ciclo dial. La presente investigación se enfocó en la colecta de material fitológico en el Lago Cráter La Alberca de Tacámbaro por medio de una red cónica de 39 μm con arrastres verticales en intervalos de seis horas el 18 y 19 de Agosto del 2006. Las muestras fueron almacenadas en frascos de plástico preservando con formol al 4% neutralizado con borax. Cuarenta y dos especies fueron determinadas y pertenecen a Chlorophyta (52%), Bacillariophyta (26%), Chrysophyta (2%), Dinophyta (7%) y Cyanophyta (12%), con variaciones en abundancia durante 24 horas. Un análisis multivariado asocia la distribución de las especies con características físicas y químicas del medio acuático, sobresaliendo: la conductividad eléctrica, el nitrógeno amoniacal, los sulfatos, la temperatura, los sólidos sedimentables y los nitritos. El presente estudio exhibe cambios en la ocurrencia algal a lo largo del análisis nictimeral revelando que la comunidad es dinámica y condicionante a las fluctuaciones del sistema.

ABSTRACT

The distribution of phytoplankton in lakes depends of internal (nutrients, temperature, radiate, pH and population dynamics) and external factors (wind, precipitation and solar radiation), that give place to the occurrence of different algal groups at different depths in a cycle dial. This investigation was focus on the collection of phycological material in the Crater Lake La Alberca de Tacámbaro by a conical net of 39 μm with vertical tows at intervals of six hours on 18 and 19 August 2006. Samples were stored in plastic bottles preserved with formalin neutralized with bórax (4%). Forty-two species were identified and belong to Chlorophyta (52%), Bacillariophyta (26%), Chrysophyta (2%), Dinophyta (7%) and Cyanophyta (12%), varying in abundance during 24 hours. A multivariate analysis associated the distribution of species with physical and chemical parameters of the aquatic environment, excelling: the electrical conductivity, ammonia nitrogen, sulfates, temperature, settleable solids and nitrites. This study shows changes in the algal occurrence along the nictimeral analysis revealed that the community is dynamic and conditioning to fluctuations in the system.

KEYWORDS

phytoplankton;
nictimeral;
crater lake

INTRODUCCIÓN

El fitoplancton está compuesto por diversas poblaciones microalgales que viven pelágicas en los sistemas acuáticos, algunas de ellas presentan locomoción por medio de flagelos y mecanismos hidrodinámicos que les permite distribuirse a lo largo y ancho de la columna de agua, sin embargo la mayoría flota libremente por acción de las corrientes acuáticas (Wetzel, 2001). Su distribución en la columna y su frecuencia esta dada por características abióticas y bióticas del sistema acuático, lo cual permite utilizarlos como bioindicadores de calidad ecológica (De la Lanza *et al.*, 2000). En México los estudios sobre fitoplancton en sistemas acuáticos de origen volcánico forma cráter se restringen a sucesiones estacionales como los publicados por Alcocer *et al.* (1996), Alcocer *et al.* (1998), Patiño (2000), Arredondo (1984), Oliva (2001), Oliva *et al.* (2001) y Banderas y González (1988), factor que limita el conocimiento de migración algal y los patrones de sucesión de ésta comunidad a lo largo de ciclos diurnos y nocturnos. En el presente estudio se pretende dar a conocer las fluctuaciones en la composición del gremio y su distribución en este intervalo de tiempo en verano del 2006.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Alberca es un lago cráter de origen volcánico, el cual se localiza al suroeste de la cabecera Municipal de Tacámbaro de Codallos a los 1680 msnm (Figura 1), ubicada geográficamente entre las coordenadas extremas 19° 14' 50" latitud norte y 101° 26' 41" longitud oeste (INEGI, 2000), dentro del Cinturón Volcánico Transmexicano, constituyendo parte de la franja volcánica del Cenozoico Superior que cruza a la República Mexicana a la altura del paralelo 19 (Garduño *et al.*, 1999).

La zona presenta rocas ígneas y sedimentarias, las cuales tienen su origen en el cuaternario. En las ígneas se encuentran principalmente basaltos y rocas ígneas extrusivas de composición ácida, y las sedimentarias

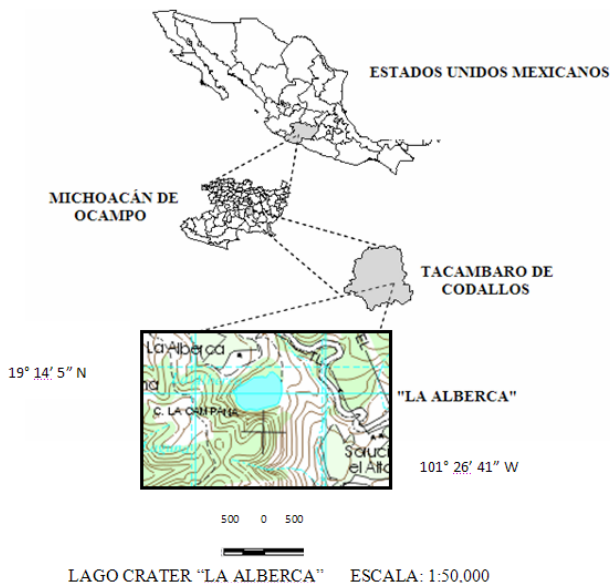


FIGURA 1. Ubicación del área de estudio.

se conforman principalmente por conglomerados siendo estos de gruesos a medios (INEGI, 1978). Los suelos del área son de origen volcánico y se encuentran representados por una sola asociación, conformada por andosoles ócricos y cambrisoles distrícos de texturas medias (INEGI, 1983).

El tipo de clima es Cb (w2) (w) (i) g, templado semifrío con un verano largo y fresco, subhúmedo con lluvias en verano, con una precipitación invernal menor al 2.06%, isotermal, con marcha tipo ganges (la temperatura media del mes más caliente es antes del solsticio de verano) y sin heladas en el invierno (García, 1988).

La zona pertenece a la Región Hidrológica No. 18, en la cuenca del Balsas, ubicada en la subcuenca del Río Tacámbaro. Presenta corrientes efímeras intermitentes y dos arroyos perennes de primer orden, el primero en la porción norte con dirección norte-sur, el cual se conecta directamente con el espejo de agua y el segundo en la porción oeste con dirección oeste-este (INEGI, 2000).

Por encontrarse en una zona climática transicional, presenta una alta diversidad florística terrestre, abarcando desde especies del Bosque Templado hasta la Selva Baja Caducifolia, destacando también la

TABLA 1. Variables fisicoquímicas determinadas en campo.

Variable	Normas mexicanas o técnicas
Temperatura del aire (°C)	Termómetro de mercurio
Temperatura del agua (°C)	Termómetro de mercurio
Transparencia (m)	Disco de Secchi
Profundidad (m)	Sonda graduada en metros
Nubosidad	Observación directa interpretando en %
Velocidad y dirección del Viento	Reportándola como: nulo, ligero e intenso Haciendo referencia a los puntos cardinales
Oxígeno disuelto (mg/L)	Método de Winkler modificación azida de Sodio
Potencial de Hidrógeno	Papel indicador Ph
Conductividad eléctrica (µS/cm)	NMX-AA-093-SCFI-2000
Salinidad (0/00)	Conductivímetro de campo marca "Conductronic" modelo PC-18
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	Conductivímetro de campo marca "Conductronic" modelo PC-18

presencia de especies cultivadas.

METODOLOGÍA

Se determinaron las variables ambientales del lago Cráter (Medrano, 2007), siguiendo los criterios de APHA - AWWA - WPCF (1995), algunas de ellas determinadas en campo y otras analizadas en el laboratorio (Tabla 1 y 2).

Se colectó material ficológico durante un ciclo dial, alternando los periodos de colecta en intervalos de seis horas, tomando alícuotas a las 12:00, 18:00 y 24:00 horas. del 18 de Agosto del 2006 y a las 6:00 y 12:00 horas. del 19 de Agosto del 2006. El material se muestreó con una red cónica de 39 µm por arrastre vertical, considerando la zona eufótica del sistema, la cual se calculó con los datos recabados del disco de Secchi. Dichas muestras se preservaron con formol al 4% neutralizado con borax.

TABLA 2. Variables fisicoquímicas determinadas en laboratorio.

Variable	Normas mexicanas o técnicas
Alcalinidad total (mg/L)	NMX-AA-036-SCFI-2001
Alcalinidad a la fenolftaleína (mg/L)	NMX-AA-036-SCFI-2001
Carbonatos (mg/L)	Cálculo indirecto
Dureza total (mg/L)	NMX-AA-072-SCFI-2001
Dureza de Calcio (mg/L)	NMX-AA-072-SCFI-2001
Dureza de Magnesio (mg/L)	Cálculo indirecto
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos sedimentables (mL/L)	NMX-AA-004-SCFI-2000
Fósforo total (P-PO ₄ ⁻³) (µg/L)	NMX-AA-029-SCFI-2001
Ortofosfato (P- PO ₄ ⁻³) (µg/L)	Técnica espectrofotométrica con reactivo mixto
Amonio (N-NH ₄ ⁺) (mg/L)	Método Nessler por colorimetría
Nitritos (N-NO ₂ ⁻) (mg/L)	NMX-AA-099-SCFI-2006
Nitratos (N-NO ₃ ⁻) (mg/L)	NMX-AA-082-1986
Sulfato (SO ₄ ⁻²) (mg/L)	NMX-AA-074-1981
Sulfuro (S ⁻²) (mg/L)	NMX-AA-084-1982
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) (mg/L)	NMX-AA-028-SCFI-2001

Las muestras obtenidas se depositaron en el Laboratorio de Biología Acuática "J. Javier Alvarado Diaz", determinándose a nivel específico con un microscopio de luz marca Leitz con los objetivos de 40 y 100 X, utilizando bibliografía especializada (Patrick y Reimer, 1966 y 1975; Whitford y Schumacher, 1973; Conforti, 1986; Krammer y Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991 y 1991; Dillard *et al.*, 1990; Comas, 1996; Krammer, 2000 y 2002; Komárek y Anagnostidis, 2002 y John *et al.*, 2002). Siguiendo el método de curva de acumulación de especies propuesto por Braun-Blanquet (1979), con un tamaño mínimo de

muestra de 18 gotas. Manipulando con lugol para tinción de pirenoides y cloroplastos, estructuras más relevantes en la determinación taxonómica.

La frecuencia relativa se determinó siguiendo la fórmula propuesta por Krebs (1985) y la distribución del fitoplancton se analizó con los paquetes estadísticos PC-ORD versión 4.10 (McCune y Mefford, 1999) y JMP versión 3.2 (Sall *et al.*, 1997).

RESULTADOS

Se determinaron 42 especies pertenecientes a Chlorophyta (52%), Bacillariophyta (26%), Chrysophyta (2%), Dinophyta (7%) y Cyanophyta (12%) (Fig. 2).

Dicho componente taxonómico manifestó fluctuaciones a lo largo de la investigación, ya que Bacillariophyta y Chlorophyta se registran para todo el muestreo, mientras que Chrysophyta se observó

RIQUEZA DE TAXA

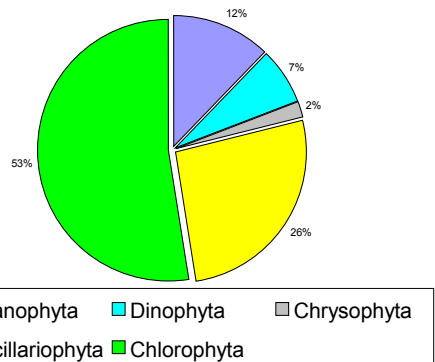


FIGURA 2. Riqueza de taxa

ausente para las 18:00 y 24:00 horas, patrón expuesto por Cyanophyta y Dinophyta que no aporta valores durante la colecta correspondiente a las 6:00 horas (Fig. 3-7).

FRECUENCIA RELATIVA 12:00 HRS

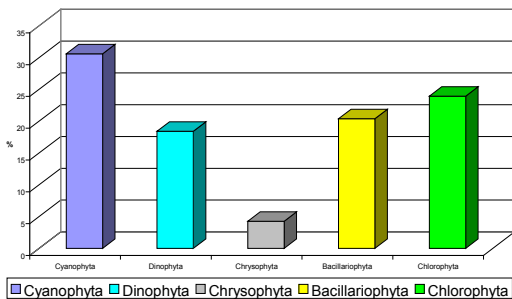


FIGURA 3. Frecuencia relativa del fitoplancton a las 12:00 horas.

FRECUENCIA RELATIVA 18:00 HRS

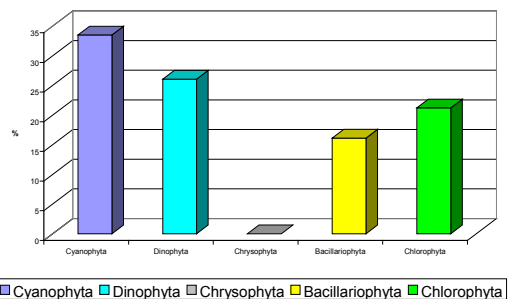


FIGURA 4. Frecuencia relativa del fitoplancton a las 18:00 horas.

FRECUENCIA RELATIVA 24:00 HRS

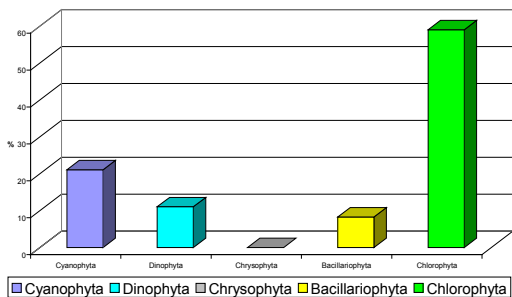


FIGURA 5. Frecuencia relativa del fitoplancton a las 24:00 horas.

FRECUENCIA RELATIVA 6:00 HRS

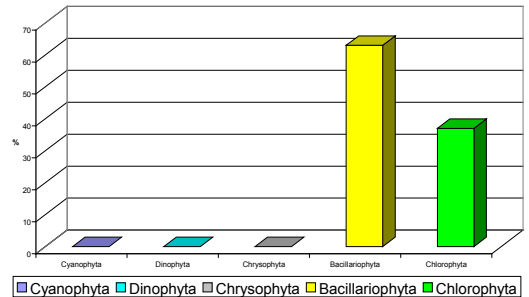


FIGURA 6. Frecuencia relativa del fitoplancton a las 6:00 horas.

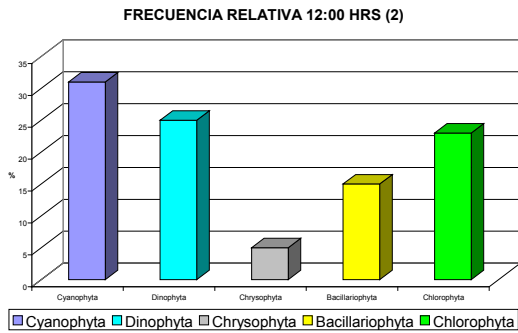


FIGURA 7. Frecuencia relativa del fitoplancton a las 12:00 horas.

Al inicio del muestreo (12:00 horas.), se encontró que Cyanophyta encabezaba la frecuencia relativa del fitoplancton, con valores cercanos al 30 %, éste grupo es seguido en el parámetro por Chlorophyta y Bacillariophyta, quienes no se acercan al 25% de la frecuencia relativa, mientras que Dinophyta se aproxima al 15% y Chrysophyta al 5% (Fig. 3).

A las 18:00 horas (Fig. 4), se presenta una reestructuración en la composición del fitoplancton, ya que además de seguir encabezando Cyanophyta (33.51%), la frecuencia relativa, Dinophyta (26%) incrementa sus valores ocupando el segundo lugar, seguida de Chlorophyta (21.22%) y Bacillariophyta (16.13%), con ausencia de Chrysophyta.

Para las 24:00 horas (Fig. 5), es relevante el incremento de Chlorophyta, ocupando el 59% de la frecuencia relativa, con una menor proporción de de Cyanophyta (21%), Dinophyta (11%) y Bacillariophyta (8%), mientras que Chrysophyta se considera ausente en el parámetro.

En la colecta correspondiente a las 6:00 horas (Fig. 6), la comunidad exhibe de nuevo una recomposición, con numerosas microalgas pertenecientes a Bacillariophyta (63%) y Chlorophyta (37%), siendo solo éstas ocurrentes en el muestreo.

Por último para las 12:00 horas (Fig. 7), se observa la misma composición registrada en la primer colecta, con la variante en un ligero aumento de Dinophyta (25%) en la frecuencia relativa.

Con respecto a las variables ambientales (Fig. 8), se determinó que el fitoplancton se distribuye en el espacio multivariado ordenado con un 72.73% de la variación, por las fluctuaciones de la conductividad

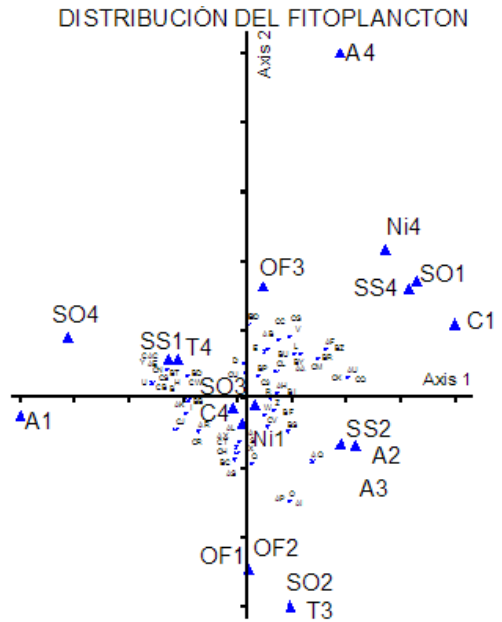


FIGURA 8. Decorana del fitoplancton en el Lago Cráter La Alberca. **Abreviaturas:** Conductividad eléctrica, (C1 y C4), Amonio (A2 y A4), Sulfatos (S01, S02, S03 y S04), Temperatura (T3 y T4), Sólidos sedimentables (SS1, SS2 y SS4) y Nitritos (Ni1 y Ni4).

eléctrica, que va de los 118 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (C1) a los 207 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (C4) mientras que el eje Y se ordena por el gradiente formado por los valores del amonio, el cual va de 0.245 mg/L (A4) a 0.067 mg/L (A2), además de la influencia de los sulfatos (S01, S02, S03 y S04), la temperatura (T3 y T4), los sólidos sedimentables (SS1, SS2 y SS4) y los nitritos (Ni1 y Ni4).

DISCUSIÓN

Durante el tiempo de análisis, se registra el florecimiento de Cyanophyta a las 12:00 horas, que se asocia directamente al incremento de las concentraciones de nitrógeno en la superficie con respecto al fondo (Medrano, 2007), propiciando la distribución de las cianofíceas a lo largo de la columna de agua (Margalef, 1983).

La distribución de la comunidad del fitoplancton en el lago cráter estuvo ordenada por el amonio con

valores altos a medios, elemento que conforma una fuente nutrimental asimilable para dicho grupo, además de la prevalencia de condiciones básicas que favorecen el desarrollo de microalgas pelágicas (en especial cianobacterias) por una fuente de carbonatos constante (Margalef, 1983), iones que contribuyen con los valores de conductividad eléctrica y forman parte de los sólidos totales disueltos en el sistema, los cuales fueron elevados en el fondo y menores en la superficie por el engrosamiento de la zona eufótica.

En el mismo contexto, Chlorophyta y Bacillariophyta encabezaron la frecuencia relativa en la época, con una ligera sucesión espacial de las algas verdes al aumentar la concentración de las diatomeas y limitar los factores físicos y químicos (luz y nutrimentos), de los que depende el grupo (Margalef, 1983; Darley, 1987; Wetzel, 2001 y Jonh *et al.*, 2002).

En esta temporada también se denota la presencia de los dinoflagelados, los cuales se confinan a la superficie, lo cual exhibe altas concentraciones de fosfatos y su adaptación a la luz (Wetzel, 1981; Margalef, 1983 y John *et al.*, 2002).

En relación con la época de lluvias, Zirahuén (Alvarado, 2003) y Alchichica (Oliva, 2001), documentan que Chlorophyta encabeza la frecuencia en el gremio, siendo determinantes al igual que en el lago cráter La Alberca de Tacámbaro la radiación lumínica, los fosfatos, el amonio, los nitratos, la materia orgánica, los sólidos totales disueltos y un pH de ligeramente básico a básico.

Una relación similar se observa en el lago Sihailonguan con respecto a Bacillariophyta, la cual es frecuente debido a las altas concentraciones de sílice, ya que éste sistema es de origen volcánico y presenta condiciones iónicas autóctonas que aunadas a los nutrimentos y la radiación lumínica permiten la permanencia del grupo (Chu *et al.*, 2005).

El amonio, es otro de los compuestos importantes en la distribución del fitoplancton, ya que es una de las formas más comunes de nitrógeno aprovechadas por las algas para la constitución de sus proteínas, moléculas indispensables para el crecimiento, funcionamiento y reproducción celular. Cabe mencionar que éste compuesto es preferencial para las algas, ya que otras formas de nitrógeno disponible como el nitrato y los nitritos deben de ser reducidos para poder ser

incorporados a los procesos celulares (Darley, 1987).

Este nutrimento es degradado de manera óptima por los productores primarios a baja radiación lumínica, lo cual lo correlaciona con dicha variable. Para el caso de algunas microalgas (euglénidos), la única forma disponible de nitrógeno es el amonio y la presencia de otro elemento inhibe el crecimiento de las mismas, por ello las bajas concentraciones de ésta forma de nitrógeno favorece la asimilación de nitratos. (Darley, 1987).

La presencia de algunas formas del fósforo (ortofosfatos y fósforo total) favorecen en las algas la activación de enzimas (fosfatasa alcalina y ácida) que lo almacenan como sustancia de reserva (polifosfato) y lo utilizan excesivamente cuando éste se encuentra en pequeñas concentraciones en el sistema (Darley, 1987). Es por ello que algunos grupos algales están adaptados a bajas concentraciones de éste compuesto, como el caso de Chrysophyta (Wetzel, 2001), presente en agosto del 2006.

En este contexto, las especies del fitoplancton presentes en el Lago Tropical de Tacámbaro, están adaptadas a bajas concentraciones de nitrógeno, siendo en varios casos éste elemento limitante y ocasiona que el fósforo sea deficiente (Kalff, 1983; Melack *et al.*, 1982 y Peters & MacIntyre, 1976), por lo tanto éstos nutrimentos son puntales en la distribución del fitoplancton en todo el ciclo nictimeral.

En el periodo de lluvias los parámetros fisicoquímicos que ordenaron al fitoplancton con un 73% de la variación, fueron valores intermedios de sólidos totales disueltos provenientes de la lixiviación de los materiales detríticos y aporte de materia orgánica del lago y su entorno, además del incremento de la temperatura, el pH, oxígeno disuelto, ortofosfatos, nitritos y amonio, los cuales fueron agentes determinantes de la expansión de un gran número de organismos del fitoplancton en el intervalo de tiempo estudiado.

CONCLUSIONES

La riqueza de taxa, la encabezó Chlorophyta, Bacillariophyta, Chrysophyta, Dinophyta y Cyanophyta.

La composición taxonómica del fitoplancton fluctúa constantemente durante las 24 horas en el Lago Cráter La Alberca de Tacámbaro, encontrándose altamente representado a las 12:00 horas.

Las variables fisicoquímicas determinantes para la presencia y distribución del fitoplancton en la columna de agua son; la conductividad eléctrica y el amonio, además de la influencia de los sulfatos, la temperatura, los sólidos sedimentables, el fósforo reactivo y los nitritos.

REFERENCIAS

- Alcocer, J., A. Lugo y Oliva M. M. G. 1996. Los lagos cráter del valle de Santiago, Guanajuato. En Lanza, E. G. y J. L. García C. 2002. Lagos y Presas de México. AGT Editor. México. 193-211 pp.
- Alcocer, J., A. Lugo, M. R. Sánchez y E. Escobar. 1998. Isabela Crater Lake: A Mexican Insular Saline Lake. *Hydrobiologia* 381:1-7 pp.
- Alvarado, V.R. 2003. Dinámica Estacional y Circadiana del Fitoplancton en el Lago de Zirahuén, Michoacán, México. Tesis de Maestría. Fac. de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 124 pp.
- APHA - AWWA - WPCF. 1995. Methods for the Examination of Water. 19TH edition. American Public Health Association (APHA), American Methods Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF) USA.
- Arredondo, F.J. L. 1984. Los Axalapascos de la cuenca oriental, Puebla. en Lanza, E. G. y J. L. García C. 2002. Lagos y Presas de México. AGT Editor. México. 81-107 pp.
- Banderas, T. A. y R. González V. 1988. Limnología de El Sol, un Lago Alpino Tropical, En Lanza, E. G. y J. L. García C. 2002. Lagos y Presas de México. AGT Editor. México. 63 - 79 pp.
- Braun-Blanquet, F.W. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las Comunidades Vegetales. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 820 pp.
- Chu, G., J. Liu, G. Schettler, J. Li, Q. Sun, Z. Gu, H. Lu, Q. Liu y T. Liu. 2005 Sediment Fluxes and Varve Formation in Sihailongwan, a Mar Lake From Northeastern China. *Journal of Paleolimnology*. 34 : 311-324 pp.
- Conforti, V. 1986. Euglenophyta. Strauss Offsetdruck. Hirschberg, Germany. 301 pp.
- Comas, A. G. 1996. Las Chlorococcales dulciacuícolas de Cuba. J. Cramer. Stuttgart Berlin. 100 pp.
- Darley, W. M. 1987. Biología de las Algas, Enfoque Fisiológico. Ed Limusa. México. 236 pp.
- De la Lanza, E. G., S. Hernández P. y J. L. Carvajal P. 2000. Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores). Edit. Plaza y Valdez. México. 43-108 pp.
- Dillard, G. E. 1990. Freshwater Algae of the Southeastern United States Part 3. Chlorophyceae: Zygnematales: Zygnemataceae, mesotaenaceae and desmidiaceae (Section 1). J. Cramer. Germany. 172 pp.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen para Adaptarlo a las Condiciones de la Republica Mexicana. 4ª. Ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 243 pp.
- Garduño-Monroy, V. H., P. Corona- Chávez, I. Israde-Alcantara, L. Mennella, E. Arreygue, B. Bigioggero, y S. Chiesa. 1999. Carta Geológica de Michoacán. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 111 pp.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1978. Carta Geológica 1:50000. E14-A42. Tacámbaro
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1983. Carta Edafológica 1:50000. E14-A42. Tacámbaro
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2000. Carta Topográfica 1:50000. E14-A42. Tacámbaro
- John, M. D., B. A. Whitton y A. J. Brook. 2002. The Freshwater Algal Flora of the British Isles. Press Syndicate of the University of Cambridge. United Kingdom. 702 pp.
- Kalf, J. 1983. Phosphorus Limitation in Some

- Tropical African Lakes. *Hydrobiologia* 100: 101-112 pp.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis. 2002. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. Ed. Spektrum Akademischer Verlag 547 pp.
- Krebs, Ch. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y abundancia. 2ª ed. Ed. Harla. México. 753 pp.
- Kramer, K. y H. Lange-Bertalot. 1986. Bacillariophyceae. Gustav. Fischer Verlag: Stuttgart. New York. Tomo I. 876 pp.
- Kramer, K. y H. Lange-Bertalot. 1988. Bacillariophyceae. Gustav. Fischer Verlag: Stuttgart. New York. Tomo II. 596 pp.
- Kramer, K. y H. Lange-Bertalot. 1991. Bacillariophyceae. Gustav. Fischer Verlag: Stuttgart. New York. Tomo III. 576 pp.
- Kramer, K. y H. Lange-Bertalot. 1991. Bacillariophyceae. Gustav. Fischer Verlag: Stuttgart. New York. Tomo IV. 437 pp.
- Krammer, K. 2000. Diatoms of Europe. Ed. Lange-Bertalot. Vol I. The genus *Pinnularia*. 513 pp.
- Krammer, K. 2002. Diatoms of Europe. Ed. Lange-Bertalot. Vol III. *Cymbella*. Gantner Verlag K.E. 584 pp.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega. S. A. Barcelona, España. 1010 pp.
- McCune, B y M. J. Mefford. 1999 Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 4.10 MjM Software, Gleneden Beach. Oregon, USA.
- Medrano, Z. F. 2007. Estado Trófico del Lago Cráter la Alberca de Tacámbaro, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 100 pp.
- Melack, J. M., P. Kilham y T. R. Fisher. 1982. Responses of Phytoplankton to Experimental Fertilization with Ammonium and Phosphate in an African Soda Lake. *Oecologia* 52: 321-326.
- Oliva, M. M. G. 2001. Estudio de la Variación Vertical y Temporal de las Comunidades Fitoplanctónicas Durante el Florecimiento de Cianofíceas en el Lago Cráter Alchichica, Puebla. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 134 pp.
- Oliva, M. G., A. Lugo, J. Alcocer, L. Peralta y M. R. Sánchez. 2001. Phytoplankton Dynamics in a Deep, Tropical, Hyposaline Lake. *Hydrobiologia* 466: 299-306 pp.
- Patiño, A. J. M. 2000. LAS SIETE LUMINARIAS Valle de Santiago, Escuela Rafael Barba Pérez, EN: http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi_volcanes/norteamerica/las7luminarias.htm Fecha de acceso 25 de Enero del 2007.
- Patrick, R. & Reimer W. C. 1966. The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Monograph of the Academy of natural Sci. of Philadelphia. I (13); XI 688 pp.
- Patrick, R. & Reimer W. C. 1975. The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Monograph of the Academy of natural Sci. of Philadelphia. II (13); XI 688 pp.
- Peters, H. & S. McIntire. 1976. Orthophosphate Turnover in East African lakes. *Oecologia* (25: 3) 13-19 pp.
- Sall J., K. Ng. M. Hecht, D. Tilley, R. Potter & B. Corcoran. 1997. JMP Versión 3.2. SAS Institute INC. SAS Campus Drive, Cary, NC, USA.
- Wetzel, R. G. 2001. Limnology. Third edition. Academic Press. San Diego California USA. 1006 pp.
- Whitford, A. L. & J. G. Schumacher. 1973. A Manual of Fresh-Water algae. Published by Sparks Press Raleigh N. C. 324 pp.