

# Variación anual del fitoplancton en el Lago Cráter La Alberca de Tacámbaro, Michoacán, México.

R. Hernández-Morales, M. R. Ortega-Murillo, R. Alvarado-Villanueva,  
J. D. Sánchez-Heredia y F. Medrano-Zarco

*Laboratorio de Biología Acuática "J. Javier Alvarado Díaz". Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.*

---

## RESUMEN

La variación de las comunidades biológicas en el curso del tiempo abarca cambios cíclicos individuales y se presentan diferencias en la diversidad de especies. En el fitoplancton los cambios anuales pueden darse de carácter sucesional, por lo cual es necesario registrar dichas oscilaciones en los sistemas acuáticos. Antecedente que motivó al presente estudio de conocer el componente ficológico y sus variaciones en las épocas del agua en el lago cráter, La Alberca, Tacámbaro de Codallos, Michoacán, México. Colectando material ficológico con una red cónica de 39  $\mu\text{m}$  por arrastre vertical (considerando desde la transparencia hacia la superficie durante un periodo de un año, considerando las cuatro épocas del año febrero, mayo, agosto y octubre del 2006), la preservación de las muestras obtenidas fue con formol al 4%. La determinación fue hasta especie, utilizando microscopio óptico marca Leitz y literatura especializada. Encontrando que la diversidad taxonómica estuvo representada por organismos de los grupos de Bacillariophyta y Chlorophyta, alternándose de acuerdo a la estación de muestreo y temporada de colecta. En el componente específico se determinó que las especies más frecuentes y prevalentes fueron: *Synedra acus*, *Didymocystis fina*, *Pediastrum simplex*, *Tetraedron minimum*, *Coelastrum reticulatum*, *Peridinium inconspicuum*, *Anabaena catenula*, *Microcystis wesenbergii* y *M. aeruginosa*. Lo cual caracteriza al lago como un cuerpo de aguas cálidas, poco alcalinas en proceso de eutroficación.

*Palabras clave:* Variación, fitoplancton, lago cráter.

## ABSTRAC

The variation of the biological communities in the course of the time embraces changes recurrent singular and differences are presented in the diversity of species. In the phytoplankton the annual changes can be given of character sucesional, reason why it is necessary to register these oscillations in the aquatic systems. Antecedent that motivated to the present study of knowing the component phicologic and their variations in the times of the water in the lake crater, La Alberca, Tacámbaro de Codallos, Michoacán, Mexico. Collecting material phicologic with a conical net of 39  $\mu\text{m}$  for vertical haulage (considering from the transparency toward the surface during a period of one year, considering the four times of the year February, May, August and October of the 2006), the preservation of the obtained samples went with formol to 4%. The determination went until species, using optic microscope marks Leitz and specialized literature. Finding that the diversity taxonomical was represented by organisms of the groups of Bacillariophyta and Chlorophyta, being alternated according to the sampling station and collection season. In the specific component determines that the most frequent species and prevalentes were: *Synedra acus*, *Didymocystis fine*, *Pediastrum simplex*, *Tetraedron minimum*, *Coelastrum reticulatum*, *Peridinium inconspicuum*, *Anabaena catenula*, *Microcystis wesenbergii* and *M. aeruginosa*. That which characterizes to the lake like a body of warm waters, not very alkaline in eutroficación process.

*Key words:* Variation, phytoplankton lake crater.

## INTRODUCCIÓN

El fitoplancton está compuesto por microalgas en los sistemas acuáticos, algunas de ellas son planctónicas y 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 en la capa superficial. Forma parte de los productores de estos ecosistemas y representan variantes en sus requerimientos fisiológicos de acuerdo al grupo primarios y presenta de acuerdo al grupo variantes en sus requerimientos fisiológicos, manteniendo niveles de tolerancia a las condiciones ambientales fluctuantes (Wetzel 1981, González 1988 y Reynolds 1997), lo cual contribuye, en parte, a la presencia distribución y abundancia de las mismas. Las respuestas de estos organismos a los cambios ambientales anuales son evidentes. En latitudes tropicales donde la luz y la temperatura son relativamente constantes en el curso del año, las variaciones estacionales dependen de la precipitación y la época de estiaje (González 1988), ya que contribuye a los cambios hidrodinámicos del sistema, favoreciendo a la circulación de la masa de agua y la generación de numerosas corrientes. La determinación de la frecuencia relativa de la comunidad algal en estudios cualitativos durante las épocas del año, es de gran importancia para presentar los cambios en la estructura de la comunidad y conocer, respecto a las especies indicadoras, las condiciones ambientales que pueden dar lugar a la sucesión fitoplanctónica en ecosistemas acuáticos.

Los lagos son ecosistemas acuáticos epicontinentales que alcanzan o rebasan cierta profundidad mínima para el establecimiento de una termoclina durante de la estratificación, pueden ser cerrados, sin renovación, con gradual aumento de contenido mineral y algunos con flujos subterráneos. Algunas particularidades biológicas como la abundancia, diversidad y distribución que se relacionan con características externas de fácil apreciación, como son el flujo y tiempo de renovación del agua, extensión de la cuenca (Margalef 1983).

Los lagos cráter son sistemas ubicados en cuencas reducidas y ocupan antiguas calderas volcánicas, caracterizándose por su corta extensión (Wetzel 1981), en la cual el componente ficológico ha sido poco estudiado y por lo tanto no se cuenta con registros de la estructura del fitoplancton y su variación en el tiempo en éstos peculiares sistemas acuáticos (Oliva 2001). La Alberca de Tacámbaro es un lago cráter tropical de altura, ubicado dentro de un área natural protegida en el Municipio de Tacámbaro de Codallos, el cual ha sido poco estudiado. Debido a la carencia de estudios ficológicos en ésta área, surge el interés por determinar la frecuencia de aparición del Fitoplancton, durante un ciclo anual en cinco sitios, caracterizando a la comunidad algal en el periodo de estudio.

### Características del área

La Alberca se localiza al centro del Estado de Michoacán y al suroeste de la cabecera Municipal de Tacámbaro de Codallos a los 1,600 m.s.n.m., en las coordenadas: 19°14'5" Latitud Norte y 101°26'41" Longitud Oeste (FIGURA 1) formando parte del Cinturón Volcánico Mexicano (Garduño *et al.*1999). La zona presenta rocas ígneas y sedimentarias (INEGI 1978) así como

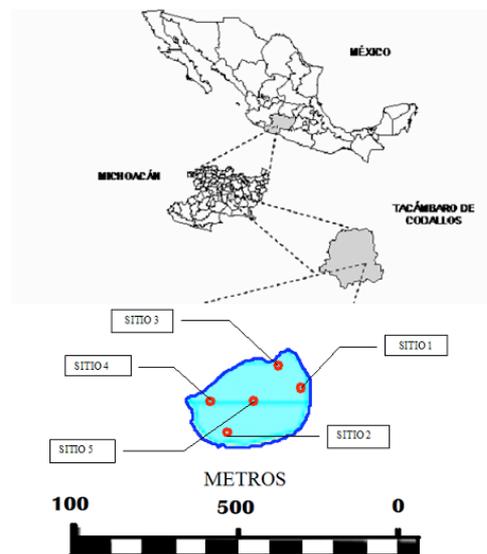


FIGURA 1. Localización geográfica de los sitios de colecta.

andosoles ócricos y cambrisoles districos de texturas medias (INEGI 1983). El clima es (A) Cb (w2) (w) (i')g templado semifrío de verano largo y fresco, subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación invernal menor al 2.06%, isotermal con marcha tipo ganges (García 1988). Pertenece a la región hidrológica No. 18 en la cuenca del Balsas, ubicada dentro de la subcuenca del Río Tacámbaro. Presenta corrientes efímeras intermitentes y dos arroyos de primer orden (INEGI 2000). La Alberca es un embalse natural repesado con 28 metros de máxima profundidad y un volumen aproximado de 1'081,632 m<sup>3</sup> (Medrano 2007). La vegetación está representada por una alta diversidad florística abarcando desde especies del Bosque Templado hasta la Selva Baja Caducifolia (Zubieta *et al.* 2006).

**MATERIALES Y MÉTODOS**

Se trabajó en cinco sitios de muestreo (FIGURA 1), considerando las características limnológicas del área y la accesibilidad a los sitios (TABLA 1 Y FIGURA 1). Medrano (2007) realizó el análisis de las variables ambientales (TABLA 2). El material ficológico se colectó con una red cónica de abertura de 39 m, por arrastre vertical considerando la zona de producción arrastre, en las cuatro épocas durante el 2006. El material colectado se preservó con formol al 4% y fue depositado en el herbario ficológico del laboratorio de Biología Acuática “J. Javier Alvarado Díaz” de la Facultad de Biología, para su análisis. La determinación del material biológico se llevó a cabo utilizando un microscopio compuesto marca Leitz con los objetivos de 40 y 100X, además de los criterios taxonómicos de: Smith (1920 y 1924); Whitford y Schumacher (1973); Comas (1996); Prescott (1973) Prescott

TABLA 1. Coordenadas de los sitios de muestreo.

Estaciones de Colecta	Coordenadas (UTM)
S1	01241706 m E, 2125814 m N
S2	0241507 m E, 2125658 m N
S3	0241606 m E, 2125953 m N
S4	0241348 m E, 2125748 m N
S5	0241520 m E, 2125747 m N

TABLA 2. Variables ambientales.

Variable	Técnica
Profundidad (cm)	Ecosonda “Garmin” modelo GPSMap 235
Transparencia (cm)	Disco de secchi
Temperatura del aire agua (°C)	Termómetro de mercurio
Oxígeno Disuelto (mg/L)	De Winkler modificada a la azida de sodio
Conductividad (μS/cm <sup>2</sup> ) y salinidad (mg/L)	Conductímetro de campo marca “Conductronic” modelo PC-18
Potencial de Hidrógeno	Potenciómetro de campo
Alcalinidad (mg/L)	Volumetría con HCl 0.01 N
Dureza Total (mg/L)	Volumetría con EDTA, e indirecto
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Gravimetría de extracción y secado
Sólidos sedimentables (mL/L)	Gravimetría del Cono Imhoff
Fosforo Total (P-PO <sub>4</sub> ) (μg/L)	Espectrofotometría por digestión
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> -P) (μg/L)	Espectrofotometría con reactivo mixto
Amonio (N-NH <sub>4</sub> ) (mL/L)	Espectrofotometría con Nessler reagent
Nitritos (N-NO <sub>2</sub> ) (mL/L)	Espectrofotometría con reactivo de color
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> ) (mL/L)	Espectrofotometría con Brucina
Materia orgánica disuelta (mg/L)	Técnica indirecta de incubación y DBO <sub>5</sub>

y Vinard (1982); Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988 y 1991); Borotraeger (1986); Dillard (1990); Komárek & Anagnostidis (2001 y 2002); Round *et al.* (2000) y John *et al.* (2003); tomando en cuenta el método de acumulación de especies propuesto por Braun-Blanquet (1998). En el mismo contexto, el análisis de la frecuencia relativa se realizó utilizando el método reportado por Krebs (1985) y Franco *et al.* (1985).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los valores de las variables ambientales fueron determinados por Medrano (2007) y se muestran en la TABLA 3. Con respecto a la pro-

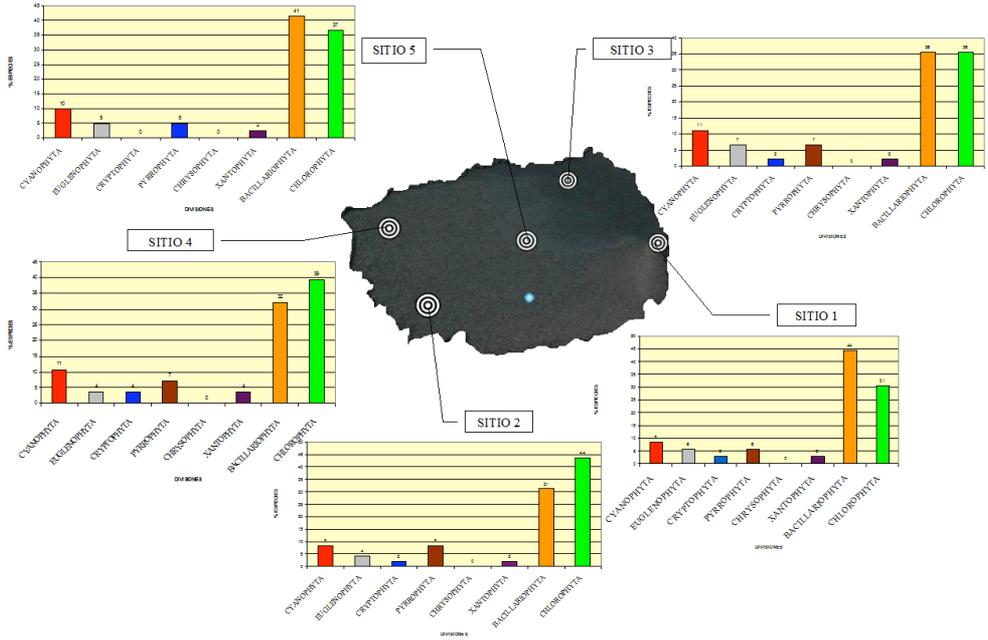


FIGURA 2. Divisiones de algas en Invierno.

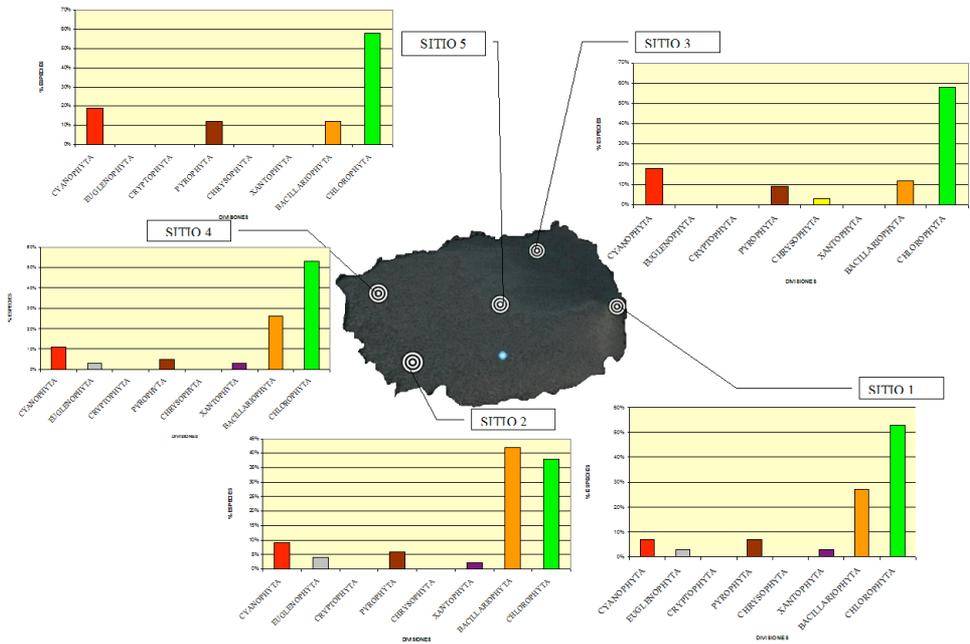


FIGURA 3. Divisiones de algas en Primavera.

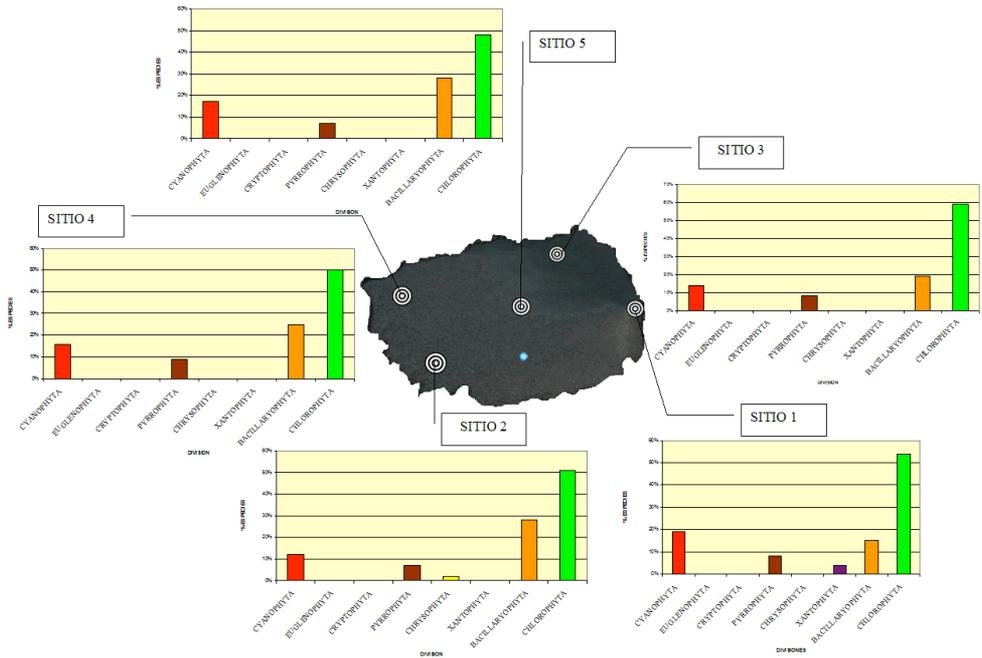


FIGURA 4. Divisiones de algas en Verano.

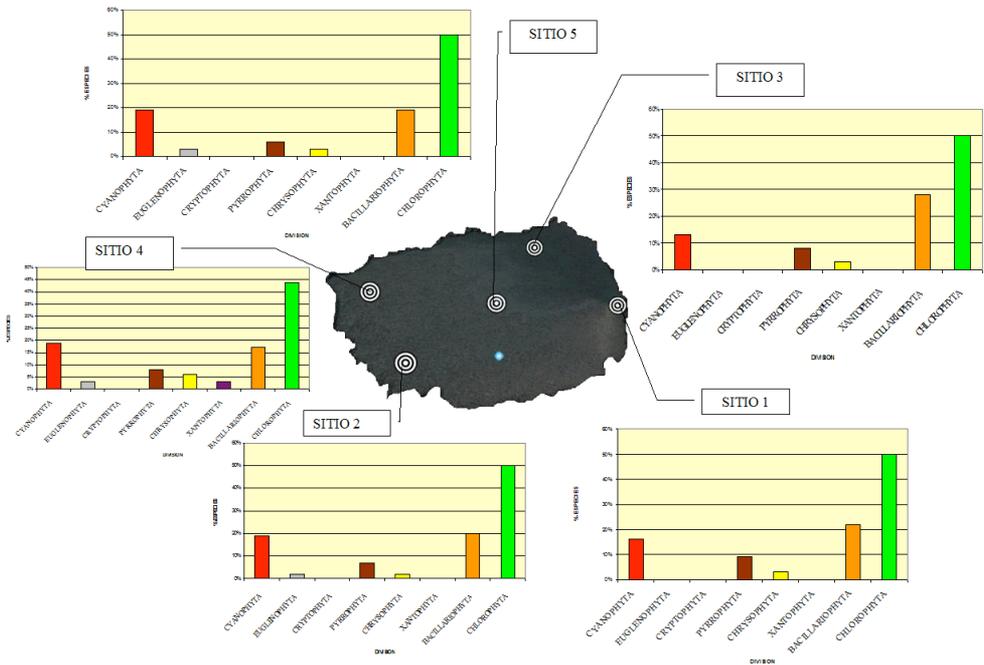


FIGURA 5. Divisiones de algas en Otoño.

**TABLA 3.** Resultado de las variables ambientales.

Variables ambientales	Máximo	Media	Mínima
Profundidad (cm)	28	16.5	5
Transparencia (cm)	1.20	75	30
Temperatura del agua (°C)	27.5	22.2	17
Oxígeno Disuelto (mg/L)	11.75	5.57	0
Potencial de Hidrógeno	9.2	7.6	6
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ )	245	180.5	116
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	20.7	11.4	2
Alcalinidad total (mg/L)	250	195	140
Dureza Total (mg/L)	220	181	142
Amonio (N-NH <sub>4</sub> ) (mL/L)	0.2890	0.1445	0.0000
Nitritos (N-NO <sub>2</sub> ) (mL/L)	0.0076	0.0038	0.0000
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> ) (mL/L)	0.1169	0.0664	0.0158
Fosforo Total (P-PO <sub>4</sub> ) ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	58	32	6
Ortofosfatos (PO <sub>4</sub> -P) ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	9.1	4.9	0.6
Materia orgánica disuelta (mg/L)	10.65	7.42	4.19

fundidad, la máxima fue de 28 m en los sitios dos y cinco, la mínima fue de 3 m en el sitio uno. La transparencia en el vaso lacustre fue de 1.20 m. Las temperaturas máximas y mínimas se detectaron en el sitio tres, en el primer caso fue en la superficie y en segundo en el fondo. El oxígeno disuelto registró la mayor concentración en el sitio tres, en la superficie durante la primavera y el mínimo estuvo presente en todo el lago después de los 10 m durante el estudio.

El pH registró su máximo en primavera para el sitio cuatro y el mínimo en los sitios dos y cinco durante invierno en el fondo. La conductividad máxima se presentó en el sitio cuatro en invierno en el fondo, mientras que la mínima fue para otoño en el sitio cinco. Con respecto a los sólidos totales disueltos el valor máximo corres-

ponde al sitio cuatro en invierno para el fondo y el mínimo en el sitio tres en la superficie durante la primavera. La alcalinidad tanto el valor máximo como el mínimo fue en el sitio cinco, durante primavera solo que en el primer caso fue en el fondo y el segundo en la superficie.

La dureza total exhibió el valor más alto para el sitio cuatro en el fondo, mientras que la mínima fue para el sitio uno en la superficie. La máxima concentración de amonio fue para el sitio cinco en el fondo en primavera, mientras que en dicha época en los sitios uno y dos ocurren los mínimos en el mismo nivel. Los nitritos, en verano para el sitio tres presentó su valor más alto, mientras que el mínimo fue en el sitio uno durante ésta época. El máximo de nitratos se reveló en el sitio cinco en el fondo y el mínimo en la superficie del sitio uno. El fósforo total exhibió su más alta concentración para el sitio cinco en el fondo en otoño y la mínima para el sitio dos en la superficie en otoño. En los ortofosfatos el máximo fue para el sitio cuatro en el fondo y el mínimo en la superficie del sitio uno en otoño. Con respecto a la materia orgánica la mayor concentración fue para el fondo en el sitio tres en primavera, mientras que el mínimo se detectó en la superficie del sitio dos en otoño.

Con respecto al fitoplancton se determinaron 93 especies (TABLA 4), pertenecientes a ocho divisiones representadas por Bacillariophyta (diatomeas), Chlorophyta (algas verdes), Xantophyta (algas verde amarillento), Chrysophyta (algas doradas), Pyrrophyta (dinoflagelados), Cryptophyta (criptomonidos), Euglenophyta (euglenidos) y Cyanophyta (algas verdiazules) con una marcada variación estacional en la composición taxonómica de la comunidad.

**TABLA 4.** Componente de Taxa en el Lago Cráter La Alberca.

	Cyanophyta	Euglenophyta	Cryptophyta	Pyrrophyta	Chrysophyta	Xantophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta
Clase	1	1	1	1	1	1	3	1
Orden	3	1	1	1	1	1	8	3
Familia	5	1	1	3	1	1	11	12
Género	6	3	1	3	1	1	16	22
Especie	10	3	1	6	2	1	36	44
Variedad	0	0	0	1	0	0	7	1

En invierno se determinaron 78 especies imperando taxonómicamente Bacillariophyta para los sitios uno y cuatro, mientras Chlorophyta prevaleció en los sitios cinco y dos, con respecto al sitio tres mantuvo una marcada equivalencia entre estas dos divisiones; se puede mencionar que para ésta época no se registraron especies de Chrysophyta y de Cryptophyta para el sitio cuatro (FIGURA 2), encontrando que las especies más frecuentes fueron: *Peridinium inconspicuum* y *Synedra acus* (TABLA 5).

En primavera (FIGURA 3) se determinaron 74 especies, detectando que las cloroficeae estuvieron presentes con valores altos en los sitios 1, 3, 4 y 5; mientras que para el sitio dos fueron las diatomeas. Las microalgas pertenecientes a Euglenophyta se encontraron en los sitios 1, 2 y 4, mientras que Chrysophyta estuvo restringida al sitio 3 y Cryptophyta no se presentó en ésta temporada de colecta, las especies más frecuentes fueron: *Didymocystis fina*, *Microcystis aeruginosa* y *Pediastrum simplex* (TABLA 5).

Durante la época estival se determinaron 59 especies, continuando las algas verdes a la cabeza de la riqueza de taxa en los cinco sitios de colecta, mientras que las algas verde amarillento y las algas doradas se encontraron presentes para el sitio uno y dos respectivamente, con ausencia de euglenidos y criptomónidos en ésta época (FIGURA 4). Las especies más frecuentes para ésta temporada fueron: *Tetraedron minimum*, *Coelastrum reticulatum*, *Didymocystis fina* y *Anabaena catenula* (TABLA 5).

Por último en otoño se determinaron 61 especies, revelando predominancia taxonómica de Clorofitas en los cinco sitios, mientras que Euglenofitas se restringieron a los sitios dos, cuatro y cinco, observando que las xantoficeae solo se encontraron en el sitio cuatro, resaltando que para ésta temporada no se reportan especies de Cryptofitas (FIGURA 5). El componente específico estuvo representado por *Anabaena catenula* y *Microcystis wesenbergii* (TABLA 5).

En relación con las variables ambientales Medrano (2007), lo considera un sistema profundo (28 m) en forma de cono poco extenso con una pendiente abrupta que limita el establecimiento de vegetación acuática, facilitando el

transporte de azolve, y cuya transparencia se ve afectada por la presencia de sólidos disueltos formando un cuerpo turbio. Con respecto a la temperatura y el oxígeno muestran un patrón de discontinuidad, la temperatura presenta una diferencia de más de 10 °C lo cual indica variación térmica, observando una disminución del parámetro desde los 5 m, dicha discontinuidad comienza en primavera hasta el otoño, con un comportamiento ortogradual, clasificando al lago como un sistema tropical cálido monomíctico (Hutchinson 1957) y como un sistema polimíctico cálido discontinuo (Lewis 1983), lo anterior concuerda con lagos en latitudes y altitudes similares como Zirahuén, Atexcac, y Alchichica (Bernal-Brooks 1998, Macek *et al.* 1994, Alcocer *et al.* 2000 y Oliva *et al.* 2001). El oxígeno disuelto en los perfiles verticales se observa una disminución desde la superficie hasta el fondo de tipo clinogrado con una pérdida del oxígeno en el hipolimnio por el gasto realizado durante el proceso de oxidación de la materia orgánica en el agua (Wetzel 2001).

La Alberca de tacámbaro presenta aguas alcalinas con alta concentración de bicarbonatos, ligeramente básicas; la presencia del pH inferior en el fondo puede estar relacionada con la descomposición de materia orgánica con posible agotamiento del oxígeno (Alcocer *et al.* 1998). La conductividad y la salinidad se manifiestan con valores bajos en comparación con los lagos, el Sol, La Luna y Alchichica que son hipersalinos y de baja conductividad (Alcocer *et al.* 2004, Oliva *et al.* 2001).

Con respecto a la dureza, la incidencia es temporal, lo cual se refleja en el contenido de los bicarbonatos, que por sus valores bajos da pauta a considerar al sistema como un cuerpo de aguas ligeramente duras (Margalef 1983 y Lind 1985); la alta concentración de calcio reportada es una fuente segura para la construcción de estructuras de protección biológica como las del grupo de las diatomeas (Margalef 1983 y Wetzel 2001).

En relación a los nutrientes, las bajas concentraciones de nitratos favorece la productividad primaria acuática (Margalef 1983), los valores máximos de fósforo total representa las concentraciones de un lago mesotrófico con tenden-

TABLA 5. Frecuencia de aparición de las especies.

Especies	Frecuencia de Aparición %
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg	5.120
<i>Scenedesmus bijuga</i> (Turpin) Langerheim	4.988
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	4.791
<i>Synedra acus</i> v. <i>acus</i> Kützing	4.537
<i>Microcystis aeurogenosa</i> (Kützing) Kützing	4.313
<i>Peridinium inconspicuum</i> Lemmermann	3.901
<i>Anabaena catenula</i> (Kützing) Bornet et Flahault	3.620
<i>Didymocystis fina</i> Komárek	3.458
<i>Cosmarium punctulatum</i> Brébisson	3.242
<i>Staurastrum smithii</i> (G.M. Smith) Teiling	3.192
<i>Peridinium cinctum</i> (O.F.Müller) Ehrenberg	3.149
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W. Smith	2.715
<i>Coelastrum reticulatum</i> (P. A. Dangeard) Senn	2.688
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	2.318
<i>Cosmarium logiense</i> Bisset	2.141
<i>Tetraedron caudatum</i> (Corda) Hansgirg	2.110
<i>Navicula cryptocephala</i> (Kützing) Kützing	2.036
<i>Tetrachlorella nephrocellularis</i> Komárek	1.884
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) K. Möbius	1.855
<i>Microcystis wesenbergii</i> (Komárek) Komárek in Kondrateva	1.779
<i>Synedra ulna</i> Ehrenberg	1.766
<i>Oocystis borgei</i> J. Snow	1.680
<i>Peridinium thompsonii</i> Bourrelly	1.677
<i>Coenochloris fottii</i> (Hindák) Tsarenko	1.667
<i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemmermann) Lemmermann	1.579
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann	1.563
<i>Ophiocytum cochleare</i> (Eichwald) A. Braun	1.536
<i>Closterium acutum</i> v. <i>variabile</i> (Lemmermann) Willi Krieger	1.459
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	1.371
<i>Traclelomonas hispida</i> (Perty) F. Stein emend. Deflandre	1.341
<i>Closterium venus</i> Kützing ex Ralfs	1.181
<i>Morphidium litorale</i> Hindák	1.117
<i>Cymbella mesiana</i> Cholnoky	1.109
<i>Tetraedron incus</i> (Teiling) Smith	1.045
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	1.021
<i>Crucigeniella saquei</i> Komárek	0.951
<i>Staurastrum manfeldtii</i> Delponte	0.893
<i>Staurastrum erasum</i> Brébisson	0.871
<i>Kirchneriella obesa</i> Schmidle	0.820
<i>Cosmarium raciborskii</i> Lagerheim	0.808
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korssikov) Bourrelly	0.559

<i>Synedra rumpens</i> (Kützing) Grunow	0.531
<i>Cosmarium bioculatum</i> Brébisson ex Ralfs	0.458
<i>Uroglena americana</i> G.N. Calkings	0.438
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	0.434
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing	0.424
<i>Cocconeis placentula</i> v. <i>placentula</i> Ehrenberg	0.408
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann	0.402
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	0.376
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> Rabenhorst	0.375
<i>Cyclotella glomerata</i> Bachmann	0.349
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	0.342
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	0.341
<i>Navicula pupula</i> Kützing	0.284
<i>Gomphonema affine</i> Kützing	0.264
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	0.251
<i>Phacus pleuronectes</i> (Müller) Dujardin	0.243
<i>Gloecapsopsis crepidinum</i> (Thuret) Geitler ex Komárek	0.242
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk) Kom-Legn	0.241
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	0.232
<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek	0.224
<i>Polyedriopsis spinulosa</i> Schmidle	0.215
<i>Anabaena verrucosa</i> Boye-Petersen	0.213
<i>Fragilaria neoproducta</i> Lange- Bertalot	0.211
<i>Closterium praelongum</i> Brébisson	0.207
<i>Rophalodia gibba</i> v. <i>gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller	0.191
<i>Coelastrum sphaericum</i> Nägeli	0.179
<i>Staurastrum tetracerum</i> Ralfs	0.163
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	0.160
<i>Cymbella lanceolata</i> v. <i>lanceolata</i> (Ehrenberg) Peragallo	0.153
<i>Scenedesmus opoliensis</i> P.G. Richter	0.138
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	0.137
<i>Scenedesmus dimorphus</i> (Turpin) Kützing	0.130
<i>Stephanocyclus meneghiniana</i> Skabitshevsky	0.126
<i>Navicula cuspidata</i> v. <i>cuspidata</i> Kützing	0.120
<i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg	0.110
<i>Ephitemia argus</i> v. <i>argus</i> (Ehrenberg) Kützing	0.104
<i>Encyonema caespitosum</i>	0.104
<i>Pinnularia karelica</i> Cleve	0.091
<i>Achnantes minutissima</i> v. <i>minutissima</i> Kützing	0.073
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	0.067
<i>Navicula digitoradiata</i> (Gregory) Ralfs	0.065
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch	0.059
<i>Tetradasmus wisconsinensis</i> G.M. Smith	0.046

<i>Euglena sanguinea</i> Ehrenberg	0.039
<i>Rhoicosphaenia curvata</i> (Kützing) Grunow	0.039
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	0.032
<i>Oocystis elliptica</i> West	0.030
<i>Amphora commutata</i> Grunow	0.022
<i>Ceratium hirundinella</i> v. <i>carinthiacum</i> (O.F. Müller) Schr (Zed) Bach	0.019

cia a eutrófico, detectando que las concentraciones de nitrógeno no son altas para asegurar la limitación permanente del fósforo. La materia orgánica disuelta presenta valores bajos debido a que no hay aporte antropogénico y son de origen autóctono.

En el fitoplancton los grupos más representativos fueron Clorofitas y Cianofitas, la presencia de algas verdes en las capas superiores de los cuerpos esta relacionada con las altas concentraciones de oxígeno (Scagel *et al.* 1987), concordando con las concentraciones de oxígeno en lago (Medrano 2007). La presencia de algas verdiazules en la capa superficial esta relacionada con la temperaturas cálidas, y el lago fue clasificado como tropical cálido, aunado a lo anterior dicho grupo algal se desarrolla mejor en agua alcalinas (Margalef 1983). Medrano (2007) menciona que las aguas superficiales de la Alberca presentan pH hasta de 9, lo cual crea las condiciones idóneas para el desarrollo de Cianofitas.

Durante el periodo de estudio, se observa que se comparte a nivel de división, características con los lagos cráter de Alchichica y Atexcac en Puebla, y el Sol en el Estado de México, manifestando ser más equidistante con los lagos de Rincón de Parangueo y la Alberca en Valle de Santiago, Guanajuato, lo anterior esta dado con base la presencia Bacillariofitas y Clorofitas como los taxa con mayor numero de especies. Encontrando que las especies más frecuentes durante la temporada de colecta fueron *Didymocystis fina* (Clorofita) y *Anabaena catenula* (Cianofita), lo cual manifiesta eutroficación en el vaso lacustre. En el 2004 Zubieta *et al.* (2006) en cuerpo, determinó que las algas azul verde y las diatomeas contribuían en mayor número al componente taxonómico, lo cual

muestra una variación marcada en esta variable, ya que para el 2006 el lago no presenta a las cianofíceas como el taxa de mayor aporte específico, sino por el contrario se coloca en tercer grado de importancia.

En comparación con Alchichica en 1995 (Oliva 2001) y Atexcac en el 1991-92 (Vilaclara *et al.* 1993), existe una afinidad con respecto al fitoplancton ya que los dos cuerpos acuáticos anteriormente mencionados exponen que Bacillariophyta aportan el mayor número de especies, seguidas de Cyanophyta y Chlorophyta, mientras que la Alberca de Tacámbaro presenta a Cianofitas en tercer y Clorofitas en segundo lugar en riqueza de taxa, considerando que Alchichica y Atexcac presentan un proceso avanzado de eutroficación, variante que en el presente estudio se comienza a desarrollar. Además en el caso de Alchichica es un sistema hipersalino condiciones adecuada para el desarrollo de Cianofitas. Arredondo (1984), reporta en Alchichica una variación en la composición taxonómica, mencionando a Chrysophyta (algas doradas) a la cabecera del aporte taxonómico, seguidas de Cyanophyta y Chlorophyta, lo cual muestra una disminución en la concentración nutrimental en este sistema (Wetzel 1981), característica que dista del lago cráter La Alberca de Tacámbaro, ya que éste presenta a las algas doradas en quinto grado de importancia con respecto a la contribución específica.

Con respecto al Lago el Sol, Banderas y González (1988) determinaron que las algas verdes encabezaban la diversidad de especies, seguidas de los dinoflagelados y las algas doradas, lo cual en comparación con él presente muestra correlación sin contemplar a las diatomeas en éste análisis.

De acuerdo a los estudios realizados por Alcocer *et al.* (1996) en Rincón de Parangueo y la Alberca de Guanajuato, La Alberca de Tacámbaro, no demuestra gran similitud con base al comportamiento ficológico ya que Cyanophyta es el taxa con el mayor aporte taxonómico, mientras que en la Alberca de Tacámbaro ocupa el tercer grado de importancia por su contribución al componente específico. Dicha variable muestra que el estado trófico de la Alberca de Tacámbaro no es elevadamente eutrófico o bien hipertrófico para compararse con los cuerpos de agua de Valle de Santiago.

En el periodo de estudio la representación taxonómica estuvo dada en primer lugar por Bacillariophyta, Chlorophyta y Cyanophyta, considerando el análisis, la variación y registro de Chrysophyta, Cryptophyta y Xantophyta. El comportamiento de las variables ambientales, se exhibe en el componente específico, ya que ambos determinan que las aguas del vaso lacustre se encuentran en proceso de eutricación, sustituir las concentraciones de nitrógeno aprovechado por las cianofíceas (Wetzel 1981 y Scagel *et al.* 1987) capaces de fijarlo (*Anabaena catenula*) y los altos niveles de oxígeno en la superficie utilizados por las algas verdes (*Didymocystis fina*), además de la materia orgánica presente en la zona de productividad, la cual genera el incremento de taxa indicadores de contaminación (*Microcystis aeruginosa* y *M. wesenbergii*) (Scagel *et al.* 1987 y De la lanza 2000). Reportando para invierno una diversidad taxonómica elevada, la cual es sustituida por un incremento de Chlorophyta en primavera, causado por el rompimiento de la estratificación de invierno, fenómeno que se mantiene durante el verano, adjunto a la aparición de Chrysophyta y la ausencia de Xantophyta, que finalmente se modifica sin perder representación Chlorophyta con el incremento en la diversidad taxonómica de Cyanophyta, Pyrrophyta y Euglenophyta en otoño.

## CONCLUSIONES

La Alberca de Tacámbaro es de origen volcánico clasificado como un sistema tropical de segundo orden, cálido monomictico y polimictico

co cálido discontinuo, aguas superficiales oxigenadas y fondo anóxicos, un pH básico en la superficie y en el fondo ácido, aguas alcalinas sobre todo con presencia de bicarbonatos y en periodos cortos de carbonatos, baja salinidad y conductividad, con gran cantidad de sólidos disueltos lo que disminuye la transparencia, el fósforo como principal factor limitante y bajas concentraciones del nitrógeno, la presencia de materia orgánica de tipo autóctono. Con respecto al fitoplancton, Bacillariophyta fue el taxa con mayor diversidad taxonómica, seguido de Chlorophyta y Cyanophyta, durante el periodo de estudio, además de las marcadas variaciones estacionales en Pyrrophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Cryptophyta y Xantophyta. Tal comportamiento algal permite resaltar que la Alberca de Tacámbaro presenta una ligera similitud con Alchichica (1995) y Atexcac, ya que no se encuentran en el grado de hipertroficación como en dichos sistemas, además de su insimilitud con los lagos de El Sol, Rincón de Parangueo y La Alberca de Gto, ya que son sistemas con el mismo origen pero con altas diferencias en sus variables ambientales y latitudinales.

## 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, Ma. R. Sánchez y E. Escobar. (1998). Isabel Crater-Lake: a Mexican insular saline lake. *Hidrobiología*. Vol. 381. 1-3: 1-7 pp.
- Alcocer J., A. Lugo, E. Escobar, Ma. R. Sánchez y G. Vilaclara (2000). Water column stratification and its implications in the tropical warm monomictic Lake Alchichica, Puebla, Mexico *Verh.Internat. Verein. Limnol.* 27. 3166-3169 pp.
- Alcocer J., E. Escobar, y A. Lugo (2000). Water use (and abuse) and its effects on the crater-lakes of Valle de Santiago, Mexico. *Lakes & reservoir: Reseach and Management*, 5 145-149 pp.

- Alcocer J., Oseguera L.A., Escobar E., Perata L. y Lugo, A. (2004). Phytoplankton biomass and wáter chemistry in two high mountain, tropical lake Central Mexico. *Arctic, Antarctic, Alpine Reseach*. 1-22 pp.
- 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. Gonzáles 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.
- Bernal-Books, F. W. (1998). The lakes of Michoacan (Mexico) a brief history and alternative point of view. *Freshwater Forum* 10: 20-34 pp.
- Borntraeger G. (1986). Euglenophyta. Strauss Offsetdruck. Hirschberg, Germany. 301pp.
- Braun-Blanquet, F. W. (1998). Fitosociología. Bases para el estudio de las Comunidades Vegetales. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 820 pp.
- Comas A. G. (1996). Las Chlorococcales dulciacuólicas de Cuba. J. Cramer. Stuttgart Berlin. 100 pp.
- De la Lanza E. G., S. Hernández P., J. L. Carvajal P., (2000). Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores). Edit. Plaza y Váidez. México. 43-108 pp.
- Dillard G. E. (1990). Freshwater Algae of the Southeastern United Status Part 3. Chlorophyceae: Zygnematales: Zygnemataceae, mesotaenaceae and desmidiaceae (Section 1). J. Cramer. Germany. 172 pp.
- Franco L. J., G. de la Cruz, A. Cruz, A. Rocha, N. Navarrete, G. Flores, E. Kato, S. Sánchez, I. Abarca, C. Bedia y J. Winfield., 1985. Manual de Ecología. Editorial Trillas. México. 266 pp.
- García E. (1998). 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.
- Gonzáles de I. A. (1988). El plancton de las aguas continentales. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Central. Caracas, Venezuela. 131 pp.
- Hutchinson, G. H. (1975). A treatise on limnology I. Geography, physics and chemistry. John Wiley & Sons Inc. N.Y. 1015 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. Whitton A. & A. Brook J. (2002). The freshwater Algal Flora of the British Isles. Press Syndicate of the University of Cambridge. United Kingdom. 702 pp.
- Komarek, J. & K. Anagonostidis (2001). Cyanoprokaryonta 1. Teil Chroococcales. Ed. Gustav Fischer. Germany. 548 pp
- Komarek, J. and K. Anagonostidis (2002). Cyanoprokaryonta 2. Teil Oscillatoriales. Ed. Spektrum Akademisher Verlag.
- 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.
- Krebs Ch. (1985). Ecología. Estudio de la distribución y abundancia. 2ª ed. Ed. Harla. México. 753 pp.
- Lewis, W. M. (1983). A revised classification of Lakes Base don Mixing. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 1779-1787 pp.
- Lind, O. T. (1985). Handbook of common methods in limnology. Second edition 199 pp.
- Macek, M., G. Vilaclara y A. Lugo. (1994). Changes in protozan assemblage structure and activiry in estratified tropical lake. *Mar. Microb. Food Webs* 8: 235-249 pp.

- Margalef R. (1983). Limnología. Ediciones Omega. S. A. Barcelona, España. 1010 pp.
- Medrano Z. F. (2007) Estado Trófico del Lago Cráter la Alberca de Tacámbaro, Michoacán, México. Tesis Profesional de Biólogo. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 100 pp.
- Oliva M. M. G. (2001). Estudio de la Variación Vertical y Temporal de las Comunidades Fitoplanctónicas Durante el Florecimiento de Cianofíceas en el Lago Crater 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, hypersaline lake. UNAM. México D.F. 299-306 pp.
- Prescott G. W. (1973). Algae. W.M. C. Brown Company Publishers. Michigan U.S.A. 973 pp.
- Prescott G. W. & C. Vinard W. (1982). A synopsis of north American desmids. University of Nebraska Press. U.S.A. 685 pp.
- Reynolds, C. S. (1997). Vegetation processes in the pelagic: A model for ecosystem theory. Ecology Institute Germany. 371 pp.
- Round F. E., R. Crawford M., D. Mann G. (2000). The Diatoms. Cambridge University Press. Great Britain. 147 pp.
- Scagel, R. F., R. J. Bandoni, J. R. Maze, G. E. Rouse, W. B. Schofield y J. R. Stein (1987). El Reino Vegetal. Nueva Edición. Ediciones Omega. Barcelona España. 778 pp.
- Smith M. G. (1920). Phytoplankton of the Inland Lakes of Wisconsin, Published by the State. Madison. Wis. 227 pp.
- Smith M. G. (1924). Phytoplankton of the Inland lakes of Wisconsin Part II. Wisconsin Geological Natural History Survey. Bulletin 57 General series No. 1048. 716 pp.
- Vilaclara G., N. Gómez, G. Oliva y M. Gaytan (1993). El Fitoplancton del Lago Maars Atexcac, Puebla, México. Memorias del III Congreso Latinoamericano, I Reunión Iberoamericana y I Congreso Mexicano de la Sociedad de Ficología de América Latina y El Caribe. Palacio de Minería, México.
- Wetzel, R. G. (1981). Limnología. Ed. Omega S. A. Barcelona, España. 679 pp.
- Wetzel, R. (2001). Limnology Lake and River ecosystems. Third Edition. Academic Press San Diego, 1006 pp.
- Whitford A. L. and J. G. Schumacher (1973). A *Manual of Fresh-Water algae*. Published by Sparks Press Raleigh N. C. 324 pp.
- Zubieta R. T., C. Criollo A., R. Alvarado V., M. R. Ortega M., M. Medina N. y J. D. Sánchez Heredia (2006). El plan de manejo del área Natural Protegida “La Alberca” y “Cerro Hueco”. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente. 43 pp.