

# Evolución trófica de un lago tropical hiposalino en México con base al fitoplancton

Ortega Murillo M. R.<sup>1</sup>, Alvarado Villanueva R.<sup>1</sup>, Hernández Morales R.<sup>1</sup>, Sánchez Heredia J. Diego<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Ecología de Poblaciones y Comunidades Tropicales, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia. Antigua Carretera a Pátzcuaro # 8701, Col. Ex-Hacienda de San José de la Huerta, Morelia, Michoacán, México 58190.

## Resumen

La evolución trófica de los cuerpos de agua manifiesta cambios en la composición específica y abundancia de las comunidades que lo habitan. El primer efecto se observa en los productores primarios y consecuente repercusión en los otros gremios, hechos observados en el lago de Cuitzeo. Dicho cuerpo de agua ocupa el segundo lugar en extensión en México, lago somero, hiposalino, con alta turbidez y alcalino, desde fines de los años 70 ha experimentado cambios en la asociación del fitoplancton. La finalidad del presente trabajo fue realizar el análisis de los cambios tróficos de la riqueza y abundancia de taxa y su relación con las variables ambientales. La colecta se efectuó con red cónica de 39 µm, y muestras directas de 250 mL, preservándose con formol (4%). La determinación se realizó a nivel infragenérico y para la cuantificación se utilizó el método de Uthermöhl. Para finales de los 70's se observó el comienzo del proceso de hipertrofia en la zona oeste, el cual se reflejó en un incremento en la concentración de nutrientes, una marcada disminución de la profundidad, baja transparencia, limitada circulación del agua, resuspensión de los sólidos, cambios en la salinidad y fluctuaciones en la concentración de oxígeno disuelto. Estos cambios provocaron una disminución de la diversidad, a su vez la biomasa fitoplanctónica incremento por efecto de floraciones de especies algales como *Anabaenopsis arnoldii*, *Anabaena plactonica* y *Oscillatoria* spp. y diatomeas *Stephanocyclus meneghiniana*, *Nitzschia palea* especies más tolerantes. Estos cambios ponen de manifiesto el efecto de la actividad antrópica y su influencia en el lago de Cuitzeo a través del paso de un cuerpo eutrófico a hipereutrófico.

**Palabras claves:** *Evolución, fitoplancton, hiposalino, lago tropical, nivel trófico.*

## Abstract

The trophic evolution of water bodies shows changes in species composition and abundance of the communities that inhabit it. The first effect was observed in primary producers and consequent impact on other guilds, events observed in Lake Cuitzeo. This body of water is the second extensive in Mexico; the lake is shallow, saline, with high turbidity and alkaline, since the late 70's has changed in the association of phytoplankton. The purpose of this study was to perform the analysis of trophic changes of richness and abundance of taxa and their relationship with environmental variables. The collection was performed with conical net of 39 microns, and direct samples of 250 mL, preserved with formalin 4%. The determination infragenetic level was performed and the quantification method Uthermöhl utilize. By the late 70's there was the beginning of hypertrophy in the west, which was reflected in increased nutrient concentrations, a marked decrease in depth, low transparency, limited water circulation, resuspension of solids changes in salinity and fluctuations in the concentration of dissolved oxygen. These changes led to a decrease in diversity, in turn increase the effect of phytoplankton biomass blooms of algae as *Anabaenopsis arnoldii*, *Anabaena planctonica* and *Oscillatoria* spp. and diatoms *Stephanocyclus meneghiniana*, *Nitzschia palea* tolerant species. These changes show the effect of human activity and its influence on the lake Cuitzeo through the passage of a body eutrophic to hypereutrophic.

**Keyword:** *Evolution, phytoplankton, hiposaline, tropical lake, trophic level*

## Introducción

Los cuerpos de agua presentan cambios en su entorno y en su biota durante el proceso de la evolución trófica; en su origen son cuerpos generalmente poco productivos, con una gran diversidad de especies representada por un menor número de organismos; al transcurrir el tiempo cambia su paisaje, se vuelven sistemas someros, muy productivos, disminuye la riqueza de especies con el consecuente aumento de biomasa del resto (Margalef 1983, Wetzel 2001). Los productores primarios del fitoplancton están constituidos principalmente por microalgas, son los primeros en reflejar cambios en el ecosistema, luego se evidencia en los consumidores y al final en los descomponedores (Reynolds 1984, Darley 1987 y Reynolds 1997). Las algas son sensibles a las fluctuaciones internas del cuerpo de agua y a las condiciones ambientales que prevalecen, utilizándose como bioindicadores (Margalef 1983; De la Lanza *et al.* 2000). El Lago de Cuitzeo desde

su origen se ha considerado un cuerpo de agua plano con poca profundidad (Israde-Alcántara 1999) que a partir del desarrollo urbano regional ha experimentado cambios notables, pasando de un lago eutrófico a hipertrófico. La hipereutroficación se define como el último estado de declinación e inestabilidad en los ecosistemas acuáticos en el cual las fluctuaciones de la calidad del agua son extremas. Esta situación produce, paradójicamente, una elevada productividad biológica, disminución de la diversidad y procesos de floraciones algales (Alvarado *et al.* 1984, Ortega 1985, Ceballos *et al.* 1994; Chacón *et al.* 2000).

Esta contribución analiza el proceso sucesional de condiciones eutróficas a hipertróficas, evidenciado en los cambios de las microalgas presentes del fitoplancton.

## Características del Área

El lago de Cuitzeo se localiza entre los 19° 53'15" y

✉ Autor de correspondencia: Ortega Murillo, Manantiales de Sindurio #141. Inf. Los Manantiales, Morelia, Michoacán, México, C.p. 58170 rosaormu@yahoo.com.mx

20°04'34" de latitud norte y a los 100° 50'20" y 101°19'34" longitud oeste a los 1.880 msnm, la mayor extensión abarca la zona norte de Michoacán y alrededor de la cuarta parte en la zona el sur de Guanajuato. Integra el Cinturón Volcánico Transversal y su origen data del Plio-cuaternario. Con depósitos aluviales y lacustres, limo, arcilla y arena y registros de diatomeas actuales (Israde-Alcántara 1999). Los suelos son vertisoles, solonchak gleico y ranker. Pertenece a la región hidrológica 12, con dos afluentes: El río Grande de Morelia y Zinapécuaro-Queréndaro así como una gran cantidad de manantiales (Israde-Alcántara 1999). El Clima se puede considerar templado que oscila de cálido a seco. La vegetación terrestre es subtropical, pastizales y una gran cantidad de malezas acuáticas. La extensión del espejo de agua es de 420 km<sup>2</sup>, su máxima extensión longitudinal es de 52 km de este a oeste y dimensión transversal máxima de 12.5 km y con una profundidad de menos de 2 m (Alvarado *et al.* 1984, Ceballos *et al.* 1994; Chacón *et al.* 2000)

### Metodología

El estudio comprende cuatro periodos: 1979 -1981, 1997 y 2005 así como del 2007-2008 en seis sitios de colecta seleccionados según sus características particulares del área y su accesibilidad (Fig.1). En cada sitio se midieron variables ambientales (Tabla 1) y se realizó una recopilación de trabajos de años anteriores. El material ficológico se colectó con una red cónica de abertura de 39 mm, por arrastre horizontal. El material biológico así obtenido se preservó con formol al 4% y fue depositado en el laboratorio de Biología Acuática "J. Javier Alvarado Díaz" de la Facultad de Biología, para su análisis posterior. La determinación taxonómica se llevó a cabo mediante el uso de microscopio compuesto marca Leitz con objetivos de 40 y 100X. Se utilizaron los criterios taxonómicos de: Smith (1920; 1924), Whitford &

Schumacher (1973), Comas (1996), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991 a; b), Komárek & Anagnostidis (2001, 2002), Round *et al.* (1991, 2000) y John *et al.* (2003) y para el método de acumulación de especies se siguió lo propuesto por Braun-Blanquet (1998). La cuantificación se realizó por el método de Utermöhl (1958), según Schwoerbel (1975).

### Resultados

Los valores de las variables ambientales registrados se presentan en la **Tabla 2** tantos los realizados en el presente estudio como la recopilación de varios trabajos. Se determinaron un total de 127 taxa pertenecientes a las divisiones Bacillariophyta, Cyanophyta, Chlorophyta, Dinophyta y Euglenophyta. Con respecto a la riqueza específica para 1979 y 1981 las Bacillariophyta presentó los valores más elevados, mientras que Dinophyta registró las apreciaciones mínimas que fueron mucho menor en el periodo de 1981. En último este año se observó una disminución de taxa en las divisiones estudiadas (Fig. 2). Las diatomeas presentaron las altas densidades (Fig. 3). Se puede mencionar que en 1979 ocurrió una floración de *Anabaenopsis elkensis* y *Anabaena planctonica* en el vaso este (Fig. 4), mientras que en el vaso oeste la especie más abundante correspondió a *Stephanocyclus meneghiniana* (Fig. 5). En 1981 se detectaron floraciones algales de cianofíceas y diatomeas; en primavera del mismo año la gran abundancia de *Oscillatoria* spp., que colorearon el agua de un tono azul verdoso (Fig. 6). Para el periodo de 1997 las cianofíceas presentan los valores altos de la riqueza de taxa lo cual se ve aumentado ligeramente hacia el 2005 (Fig. 7), con respecto a la abundancia para el periodo de 1997 no existen valores altos, pero en el 2005 las cianofíceas presentan mayor abundancia de org/ml respecto al resto de los grupos algales seguido en menor medida por las diatomeas (Fig. 8). Durante el periodo

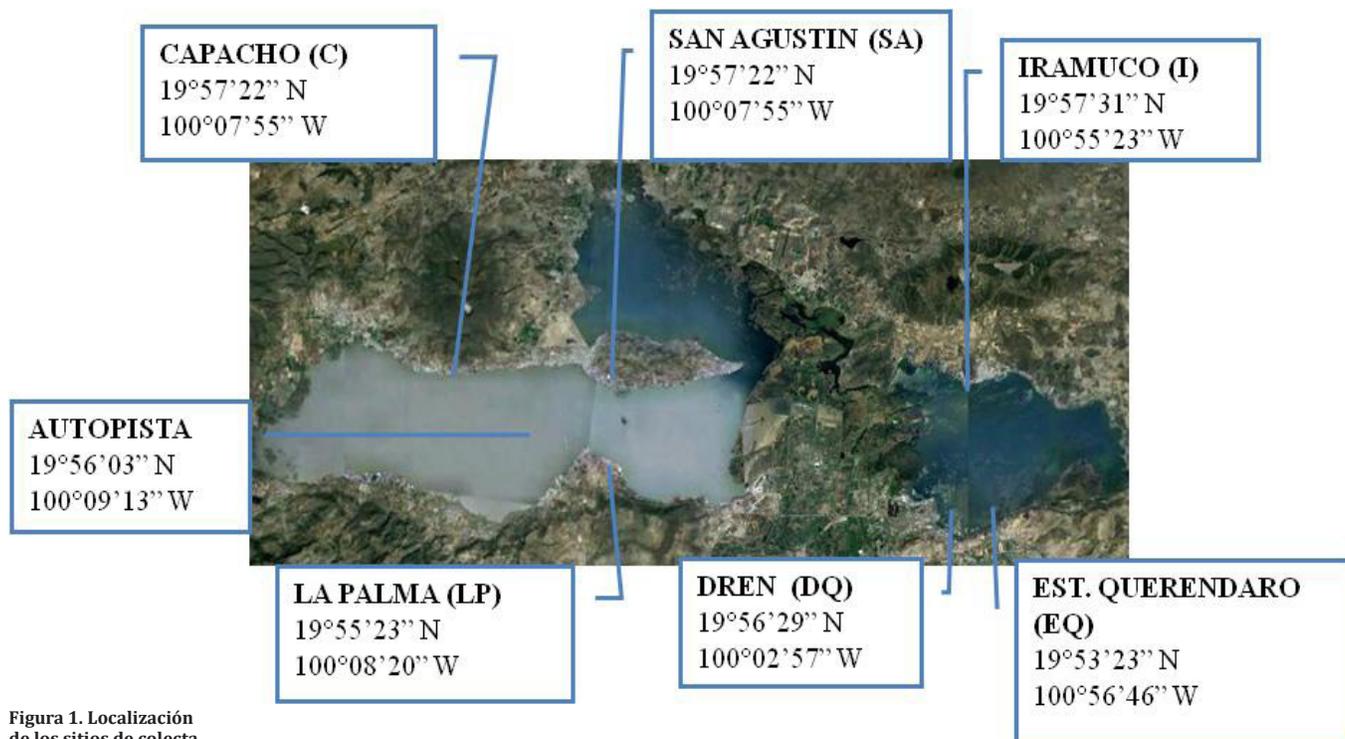


Figura 1. Localización de los sitios de colecta

Tabla 1. Variables ambientales

Variable	Tecnica
Profundidad (cm)	Ecosonda "Garmín" 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 ( $\mu\text{Scm}^{-2}$ ), solidos disueltos totales ( $\text{mgL}^{-1}$ ) y salinidad ( $\text{mgL}^{-1}$ )	Conductímetro de campo marca Hanna "Conductronic" modelo PC-18
Potencial de Hidrógeno	Potenciómetro de campo
Alcalinidad (mg/L)	Volumetría con HCl 0.01 N

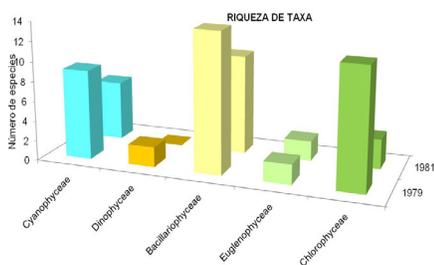


Figura 2. Riqueza de taxa 1979-1981

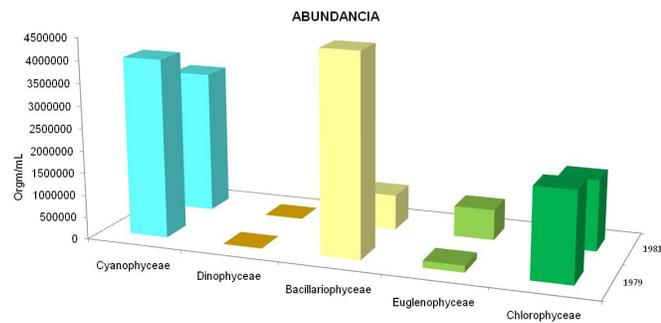


Figura 3. Abundancia 1979 - 1981

2007-2008 se registró un aumento en la riqueza específica de Bacillariophyta y Chlorophyta, mientras que fue menor en las Cyanophyta y Euglenophyta (Fig. 9). En esta última etapa, hay un incremento en org/ml de microalgas de Cyanophyta, Chlorophyta y Bacillariophyta, mientras que Xantophyta y Euglenophyta muestran abundancias menores (Fig. 10); (Fig. 10). Las especies de diatomeas mas abundantes fueron *Nitzschia palea*, *Sellaphora pupula*, *Staurosira construens*, *Cymbella cystula*, *Stephanocyclus meneghiniana* y *Ulnaria ulna* (Fig.11).

### Discusion

La hipertrofia es el último estadio que presentan los cuerpos de agua y se caracteriza por presentar una someridad acentuada y una circulación de la masa de agua limitada, donde hay ausencia

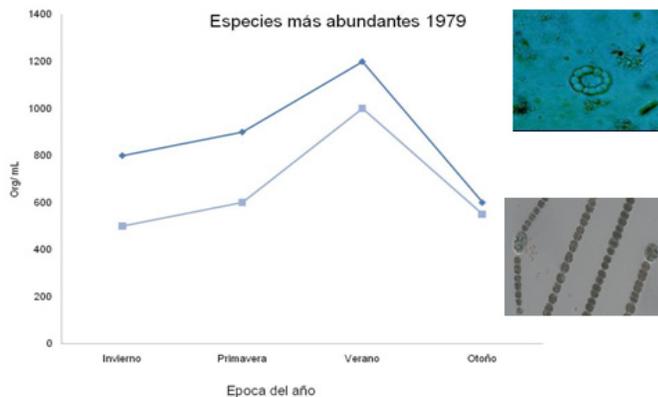


Figura 4. Especies más abundantes 1979 zona este.

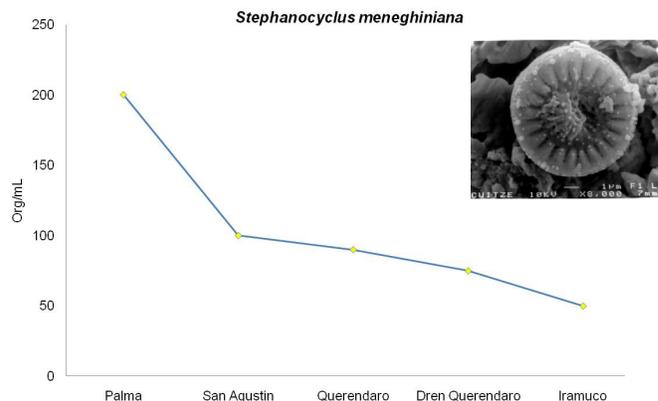


Figura 5. Especie más abundante 1979 zona oeste

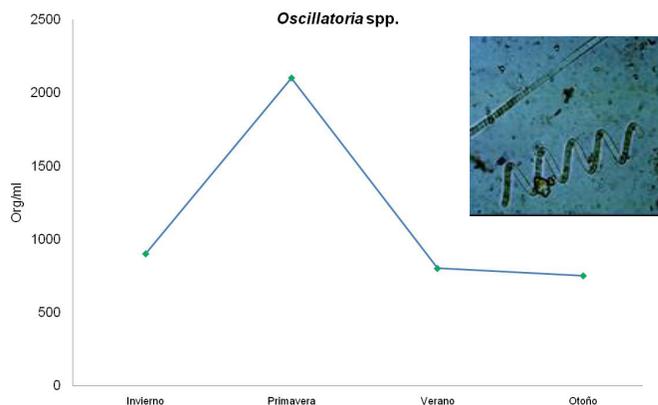


Figura 6. Especie más abundante 1981

de la estratificación y las resuspensión de los sedimentos se debe a la acción del viento, el oxígeno y nutrientes presentan fluctuaciones diurnas y estacionales, las productividad primaria presenta oscilaciones extremas seguido de intensas respiración por floraciones explosivas y descomposiciones que ocurren en el cuerpo de agua (Barica 1980). Condiciones que se muestran en el lago de Cuitzeo desde 1979 al 2008, donde los niveles de profundidad y de transparencia se han reducido, las concentraciones del oxígeno disuelto han sido extremas. Con respecto a la conductividad eléctrica, salinidad y alcalinidad que

Tabla 2. Variables ambientales en el lago de Cuitzeo en distintos sitios y periodos

	Mendivil, <i>et al.</i> (1980)	Chacón (1980) Ortega (1985)	Alvarado, <i>et al.</i> (1985)	Ortega (1997)	Chacón, <i>et al.</i> (2002)	Pedraza (2007) Ortega (2008)
Profundidad (m)	1.55	1.08	0.45	0.34	0.76	-
Temperatura ( °C)	20.30	19.9	24.1	23.4	17	17.5
Transparencia (m)	0.14	0.11	0.97	0.053	0.31	-
Conductividad eléctrica (µS/cm)	3084.0	3098.7	8812.1	1869	1025.7	1977
Salinidad (g/L)	-	-	-	-	-	1.101
pH	9.3	9.2	-	8.7	9.5	9
Oxígeno Disuelto (mg/L)	6.0	5.1	6.5	10.6	4.8	5.05
Saturación de oxígeno (%)	82.9	-	31.6	119	-	-
Acidez (mg/L)	9.8	-	-	-	-	-
Alcalinidad total (mg/L)	855.5	1095.4	1406.5	-	403.2	534
Carbonatos (mg/L)	208.6	215.5	207.0	20.5	-	-
Bicarbonatos (mg/L)	647.0	879.9	1199.6	-	-	-
Dureza total (mg/L)	64.5	83.1	65.7	-	210.1	96
Sólidos disueltos totales (mg/L)	4626.0	4648.1	13218.2	-	-	1104.5
Nitratos. (mg/L)	-	21.6	26.0	-	0.35	0.39
Fosfatos (mg/L)	-	0.28	0.23	-	72.40	-
Sodio (mg/L)	-	-	1048.4	-	-	-
Potasio (mg/L)	-	-	39.3	-	-	-
Calcio (mg/L)	31.5	-	-	-	26	-
Magnesio (mg/L)	31.1	-	-	-	35.3	-
Demanda biológica del oxígeno (mg/L)	-	-	-	-	154.5	32
Demanda Química del oxígeno (mg/L)	-	-	-	-	98.5	76
Amonio (mg/L)	-	-	-	-	0.156	0.54
Cloro(mg/L)	-	-	-	-	-	205
Turbidez UNT	-	-	-	-	-	54.83
Nitritos mg/L	-	-	-	-	-	0.73
Fosforo Total µg/L	-	-	-	-	-	143.7

delimita la zonación que existe actualmente en el lago (oeste con valores altos, este con valores bajos y la central con valores intermedios) se ha acentuado. Las altas concentraciones de los nutrimentos principalmente en vaso oeste y en los afluentes del lago han repercutido en la formación de las floraciones algales. La gran cantidad de materia orgánica que aportan los ríos al lago se ve reflejada en la Demanda Biológica del oxígeno.

Israde, *et al.* (2002) y Ortega (2002) reportan que el lago de Cuitzeo, desde hace más de mil años, registra un descenso en el nivel del agua y aumento de la concentración iónica, así como el dominio de la comunidad monoespecífica representada por *Stephanocyclus meneghiniana* hecho vinculado con el proceso de eutroficación.

La eutroficación en el lago de Cuitzeo continuó hasta fines de los setenta, con la presencia del florecimientos algales en la

última etapa, ocasionados principalmente por *Anabaenopsis arnoldii* y *Anabaena plactonica* (Ortega 1985), organismos que tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico (Komárek & Anagnostidis 2002; John *et al.* 2003). Dicho auge ocurrió en el vaso oeste, con alta concentración de nutrimentos (fosfatos y nitratos), disminución en la profundidad y transparencia, así como del oxígeno disuelto (Alvarado *et al.* 1984, Ceballos *et al.* 1994; Chacón *et al.* 2000). Con respecto a *Stephanocyclus meneghiniana* se detectaron altas densidades principalmente en sitios salinos, esta especie además es considerada como indicador biológico del proceso de eutroficación (Round, *et al.*, 1991; 2000).

A principios de los años ochenta en el vaso oeste se detectó una marcada disminución de la profundidad, la desecación de este sector repercutió en el gremio del fitoplancton por pérdida

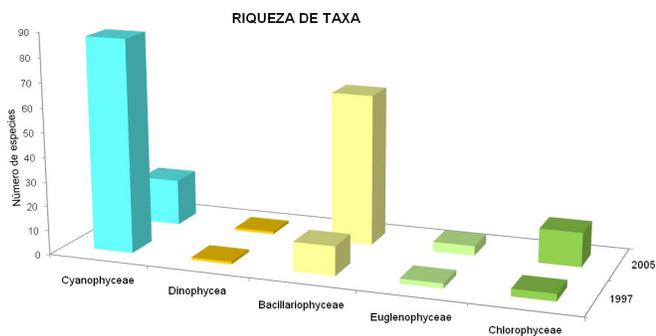


Figura 7. Riqueza de taxa 1997 y 2005

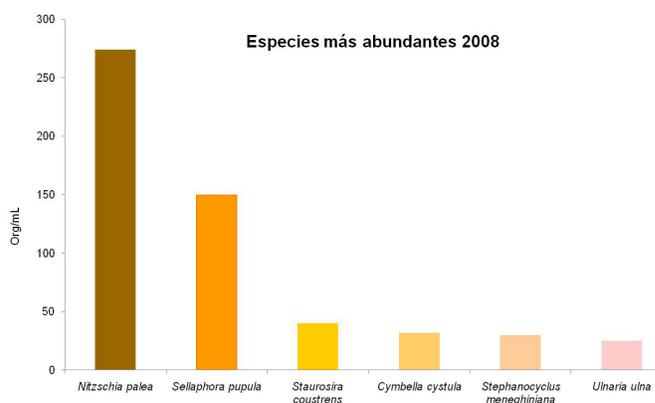


Figura 11. Riqueza de taxa 2007-2008

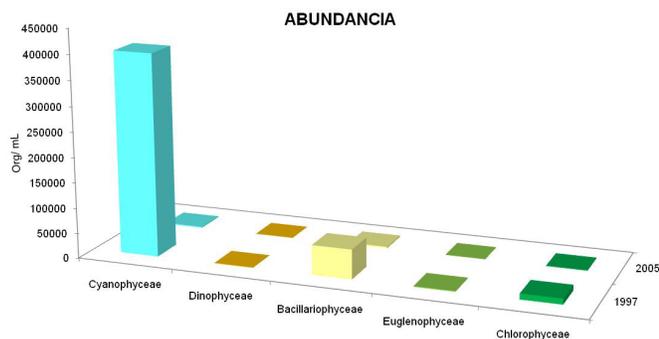


Figura 8. Abundancia 1997 y 2005

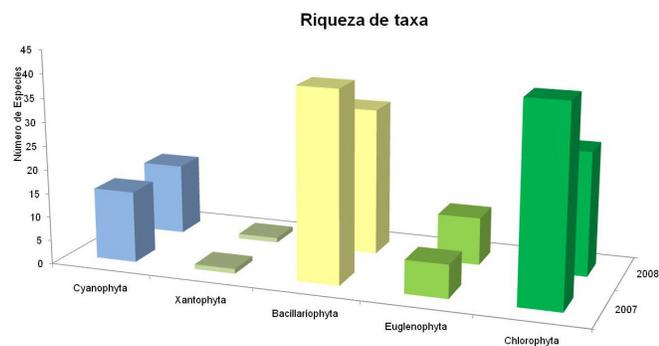


Figura 9. Riqueza de taxa 2007-2008

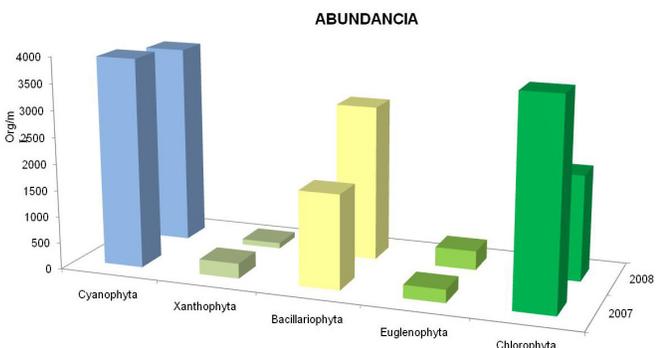


Figura 10. Abundancia 2007-2008

y sustitución de un taxón por otro con la disminución de la riqueza genérica e infragenérica, aparece un mayor número de diatomeas de tipo perifíticas, euglenoides y algas verdes coloniales y filamentosas indicadores de bajos niveles en la columna de agua (Reynold 1984 y Round et al. 2000). Además de la presencia del florecimiento de *Oscillatoria* spp., que reflejo el cambio de organismos capaces de fijar el nitrógeno libre como *A. arnoldii* y *A. planctonica*, por la sustitución de otros individuos de bajos requerimientos de luz, la presencia masiva de especies del género *Oscillatoria* llegaron a formar grandes manchones de color azul verdoso. Los cambios en el fitoplancton repercutieron en la comunidad zooplanctónica, cambiando la presencia de *Daphnia* por *Bosmina*, este último taxa prolifero ocasionando la presencia de manchones rojos en el agua, lo cual trajo como consecuencia una gran mortandad de peces y esto a su vez la proliferación de la mosca en las orillas del sistema lacustre, ocurriendo el fenómeno de hipertrofia en el cuerpo de agua (Alvarado et al. 1984, Ceballos et al. 1994, Chacón et al. 2000)

En 1997, los cambios en la riqueza de taxa y la presencia de los florecimientos en ciertas épocas del año continúan en las entradas de aguas negras como el río grande de *Morelia* y *Queréndaro-Zinapécuaro* con una gran aporte de materia orgánica y nutrientes (Alvarado et al. 1984, Ceballos et al. 1994, Chacón et al. 2000), ocasionados por *A. planctonica* y *A. arnoldii*. Con respecto a las diatomeas se observó que el 1% de especies presentes son euplanctónicas mientras que el resto son ticoplanctónicas (una etapa de su vida vive en el plancton y otra adheridas algún sustrato o en el bentos). La especie más abundante detectada fue *N. palea*, considerada resistente a la contaminación orgánica y su mayor abundancia se registró al ingreso de los afluentes. La especie dominante fue *Surirella capronii*, que es característica de aguas salinas, su dominancia concuerda con los sitios en donde se registran valores altos de conductividad (“La Palma” y “San Agustín”). Cabe resaltar que *S. meneghiniana* es común en ambientes de aguas turbias y con incrementos en la concentración iónica lo que sugiere que el lago ha mantenido en niveles de profundidad bajos y ricas en sales (Ortega 2002 & Israde et al. 2002)

Chacón et al. (2000) reporta un ligero aumento de la profundidad, lo anterior se ve reflejado en el 2005 en el cuerpo de agua, lográndose muestrear en cuatro sitios: La Palma, San

Agustín (vaso este-central), Estación Queréndaro y Dren Queréndaro (vaso este). Aunque en este periodo hay un ligero aumento en la profundidad, pero no en la transparencia ocurre una gran disminución de las algas azul-verde; presentándose una gran proliferación de las macrofitas principal sustrato para las algas que viven adheridas; principalmente las diatomeas que poseen estructuras especializadas para la fijación al sustrato, tales como pedúnculos mucilaginosos de *Gomphonema*, la producción de matrices mucilaginosas de *Cymbella*, *Frustulia* y *Navicula*, así como la formación de ramas con ganchos que permiten la formación de colonias fijas al sustrato como en *Eunotia* y *Fragilaria* (Round 1991). Aunado a lo anterior la presencia de otras microalgas como *Lynbya taylorii*, *Oedogonium* spp., que viven sobre los sustratos proporcionados por la vegetación acuática. La especie más para este periodo correspondió a *Sellaphora pupula*, indicadora de contaminación orgánica (Lowe 1974, Round 1991) y cuyo mayor valor se localiza en los sitios de entrada de aguas al lago (Dren Queréndaro y Estación Queréndaro).

En el 2007-2008 la gran cantidad de diatomeas ticoplanctónicas y algas verdes como varias especies de *Scenedesmus*, que permite la asociación de microalgas cenobiales como *Ankistrodesmus*, *Pediastrum*, *Coelastrum*, entre otras (Reynold, 1984), estuvieron presentes en este periodos. Las altas abundancias de *Merismopedia*, y muchas especies consideradas como biotipos halófilos y aguas termales (Komarek 2003), características particulares que se presentan en el lago de Cuitzeo, así como la presencia de las diatomeas *Nitzschia palea*, *Sellaphora pupula*, *Staurosira coustrens*, *Stephanocyclus meneghiniana* y *Ulnaria ulna*, indicadoras biológicas de estados de eutrofia avanzada, y alta contaminación de materia orgánica (Round et al. 1991 y 2000), confirman el estado actual que prevalece en el lago de Cuitzeo.

## Conclusiones

Los cambios que han ocurrido en el Lago de Cuitzeo hacia fines de los años setenta y que continúan en la actualidad, están relacionados con actividades humanas, entre las que se destaca la falta de tratamiento de las aguas de efluentes domésticos, las provenientes del uso de agroquímicos de la zona agrícola y de la actividad industrial. Estos vuelcos o efluentes aportan al lago metales, entre ellos metales pesados y otros residuos orgánicos, provocan cambios en las concentraciones naturales en el lago en su conjunto, agua, biota y sedimentos. Asociado a lo anterior la gran deforestación de las partes altas de la cuenca impiden el azolve en el cuerpo de agua. Es importante resaltar la ocurrencia de otros factores: régimen de vientos y las desecaciones de sectores del lago, que provocan la resuspensión de los sedimentos del fondo con aumento de la turbidez, así como tolvaneras, que en conjunto causan cambios drásticos en el sistema acuático y en ocasiones daños a la salud de los pueblos ribereños.

Existe un gran desequilibrio hidrológico en la cuenca, por lo que las medidas que se adopten para su conservación revisten de una gran importancia, ya que su deterioro repercute en el vaso lacustre. Entre estas medidas debe destacarse el pre-tratamiento de las aguas residuales de uso doméstico, industrial y agrícola que ingresan al lago, sobre todo en la zona este (Dren Queréndaro, Estación Queréndaro e Iramuco). Debe considerarse el

aprovechamiento de los grandes manchones de vegetación para la construcción de humedales de forma natural, lo que permitirá disminuir el ingreso de nutrientes al lago; además, se requiere controlar la disposición de agroquímicos y promover una reforestación masiva de las partes altas de la cuenca con vegetación nativa para disminuir los procesos de erosión.

Por último, se sugiere una vigilancia continua en la perforación de pozos y el uso de agua subterránea y superficial en la cuenca. Este control evitaría un descenso rápido en el nivel del lago y de los acuíferos y el desequilibrio en el ciclo hidrológico.

## Bibliografía

- Alvarado DJJ, Zubieta RT, Ortega MMR, Chacón TA, Espinoza GR.** 1984. Hipertroficación en un lago tropical somero (Lago de Cuitzeo, Michoacán, México). *Revista Biológica*, 1: 1-22.
- Barica J.** 1980. Why Hypertrophic Ecosystems? In Barica J, Mur LR (Eds), *Developments in Hydrobiology*, 2: IX-XI
- Braun-Blanquet FW.** 1979. *Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales*. H. Blume. Madrid, España.
- Ceballos CJGA, Ortega MMR, Medina NM, Martínez-Trujillo M, Rodríguez JLS González SS.** 1994. Análisis Limnológico del lago de Cuitzeo Michoacán, México. *Revista Biológica*, 4: 45 p.
- Chacón-Torres A, Rosas-Monge C, Alvarado-Díaz J.** 2000. The effects of hypereutrophication in a tropical Mexican lake. In Munawar H, Lawrencen SG, Munawar IF, Malley DF (eds), *Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope*, pp. 89-101.
- Comas GA.** 1996. *Las Chlorococcales dulceacuícolas de Cuba*. Bibliotheca Phycologica 99. J Cramer, Berlín, Stuttgart
- Darley WM.** 1987. *Biología de las Algas, Enfoque Fisiológico*. Limusa, México. 236p.
- De la Lanza EG, Hernández PS, Carvajal JL.** 2000. *Organismos indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores)*. Plaza y Valdez. México, pp. 43-108.
- Israde-Alcántara I.** 1999. Los lagos Volcánicos y Tectónicos en Michoacán. En Corona-Chávez P, Israde-Alcántara I (eds), *Carta Geológica de Michoacán Escala 1:250 000*, pp. 41-65. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- Israde Alcántara I, Garduño Monroy VH, Ortega Murillo Rosario.** 2002. Paleambiente lacustre del cuaternario Tardío en el centro del lago de Cuitzeo. *Hidrobiológica*, 12(1): 61-78
- John DM, Whitton BA, Brook AJ.** 2003. *The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Lowe RL.** 1974. *Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms*. EPA Report # Epa-6704174-005, Cincinnati. 333p.
- Komárek J, Anagnostidis K.** 2001. *Cyanoprokarionta 1. Teil: Chroococcales*. Gustav Fischer. 547p.
- Komárek J, Anagnostidis K.** 2002. *Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales*. Spectrum Akademischer Verlag. 540p.
- Komárek J.** 2003. Coccoïd and colonial cyanobacteria: In Freshwater Algae of North America. In Wehr JD, Sheath RG (Eds), *Ecology and Classification*, pp. 59-116. New York: Academic Press. 750p.
- Krammer K, Lange-Bertalot H.** 1986. *Bacillariophyceae*. Fischer Verlag. New York. Tomo I. 876p.
- Krammer K, Lange-Bertalot H.** 1988. *Bacillariophyceae*. Fischer Verlag. New York. Tomo II. 596p.

- Krammer K, Lange-Bertalot H.** 1991a. *Bacillariophyceae*. Fischer Verlag. New York. Tomo III. 576p.
- Krammer K, Lange-Bertalot H.** 1991b. *Bacillariophyceae*. Fischer Verlag. New York. Tomo IV. 437p.
- Margalef R.** 1983. *Limnología*. Omega, Barcelona España. 1010 pp.
- Ortega MMR.** 1985. *Contribución al Conocimiento del Fitoplancton del Lago Cuitzeo, Mich., México*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 89p.
- Ortega MMR.** 2002. *La evolución del lago de Cuitzeo últimos 18.000 años con base en estudio de la comunidad de diatomeas del fitoplancton, perifiton y bentos y del pasado*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 94p.
- Reynolds CS.** 1984. *The Ecology of Freshwater phytoplankton*. Cambridge University. 384p.
- Reynold CS.** 1997. *Vegetation Processes in the Pelagic: A model Ecosystem the dry in Ecology*. Kinna O (Ed.), pp. 1-15.
- Round FE, Crawford RM, Mann DG.** 1991. The diatoms. *Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press. 213p.
- Round FE, Crawford RM, Mann DG.** 2000. *The Diatoms*. Cambridge University. Press. 147p.
- Schwoerbel J.** 1975. *Methoden der Hydrobiologie*. H. Blume. España. 261p.
- Smith MG.** 1920. *Phytoplankton of the Inland Lakes of Wisconsin, Published by the State*. Madison. 227p.
- Smith MG.** 1924. *Phytoplankton of the Inland lakes of Wisconsin: Part II: Desmidiaceae*. Bulletin of the University of Wisconsin. 716p
- Utermöhl H.** 1958. Zur Vervollkomung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Ver. Limnol.*, 9: 1-38.
- Wetzel RG.** 2001. *Limnology*. Academic Press. USA. 1006p.
- Whitford AL, Schumacher JG.** 1973. *A Manual of Fresh-Water algae*. Published by Sparks Press. 324p.