

# Abundancia y distribución del fitoplancton en un lago hiposalino, Michoacán, México

Ortega-Murillo María del Rosario✉, Reyna Alvarado-Villanueva, Juan Diego Sánchez-Heredia, Rubén Hernández-Morales, Marbella Arredondo-Ojeda e Ivón Martínez Sánchez

Laboratorio de Biología Acuática "J. Javier Alvarado Díaz". Facultad de Biología, UMSNH. Santiago Tapia # 403 Col. Centro, C.P. 58000

## Resumen

El lago de Cuitzeo es un cuerpo somero, presenta tres zonas lacustres con diferencias en salinidad, conductividad y alcalinidad (Este, Central y Oeste); además se encuentra en proceso de hipertroficación, lo cual lo hace ideal para estudiar la abundancia y distribución del fitoplancton. El presente estudio se realizó en dos épocas (lluvias y estiaje). El material ficológico se colectó en noviembre (2007) y junio (2008), en siete sitios; utilizándose una red de 39µm, el arrastre fue realizado en forma horizontal para el análisis cualitativo y tomas directas de 250 ml en la cuantificación, el material se preservó con formol al 4%. La determinación fue a nivel específico y la cuantificación se basó en el criterio de Utermöhl. Además se midieron algunas variables ambientales como: oxígeno disuelto, salinidad, conductividad eléctrica, alcalinidad, pH, entre otros. La diversidad taxonómica estuvo representada por 125 especies, presentando Chlorophyta y Bacillariophyta valores altos de riqueza en las tres zonas durante las dos épocas. La abundancia correspondió a las Cyanophyta en los dos periodos. La especie más abundante fue *Ulnaria ulna*, así como algunas cianofíceas (*Merismopedia punctata*, *Anabenopsis elenkinii* y *Chroococcus dispersus*).

**Palabras clave:** Abundancia, distribución fitoplancton, hiposalino, lago

## Abstract

The lake is a body Cuitzeo shallow, presents three lake areas with differences in salinity, conductivity and alkalinity (East, Central and West), also is being a hipertroficación, which makes it ideal for studying the abundance and distribution of phytoplankton. This study was conducted in two seasons (rainy and dry season). The phycologist material was collected in November (2007) and June (2008), in seven sites, using a network of 39µm, the drag was made horizontally for qualitative analysis and direct shots of 250 ml in the quantification, the material was preserved with formalin at 4 %. The determination was at the species level and quantification was based on the criterion of Utermohlen. In addition to environmental variables were measured as oxygen dissolved, salinity, conductivity, alkalinity, pH, among others. The taxonomic diversity was represented by 125 species, showing high values Bacillariophyta Chlorophyta and wealth in the three areas during the two periods. The Cyanophyta abundance corresponded to the two periods. The most abundant species was *Ulnaria ulna*, and some cyanobacteria (*Merismopedia punctata*, *Anabenopsis elenkinii* and *Chroococcus dispersus*).

**Key words:** Abundance, distribution, phytoplankton, hyposaline, lake

## Introducción

El fitoplancton, es el conjunto de organismos en su mayoría autótrofos, aunque existen formas heterótrofas, que pueden localizarse en las zonas de aguas abiertas o en el litoral de los lagos y está conformado principalmente por varios grupos de algas (Wetzel 1981, Margalef 1983). Este gremio, en conjunto con las macrofitas y las algas adheridas algún sustrato (Perifiton) forma parte del primer eslabón de la cadena alimenticia (Wetzel 1981, Margalef 1983, Reynolds 1984, Darley 1987, Reynolds 1997). Las microalgas son sensibles a las fluctuaciones internas del cuerpo de agua y a las condiciones ambientales que prevalecen, viéndose afectada su abundancia y distribución (Margalef 1983). Esta asociación ha adquirido un valor importante en los estudios de los lagos, ya que se utilizan como bioindicadores debido a que mide y cuantifica la magnitud del estrés, da las características del hábitat y la respuesta ecológica al daño de un ecosistemas (De la Lanza *et al.* 2000). El Lago de Cuitzeo desde su origen se ha considerado plano y poco profundo que a partir del desarrollo urbano regional ha experimentado cambios notables, pasando de un lago eutrófico a hipertrófico (Alvarado *et al.* 1984, Ceballos Corona *et al.* 1994, Chacón Torres *et al.* 2000, Israde

Alcántara *et al.* 2002). La hipereutroficación, es el último estado de declinación e inestabilidad en los ecosistemas acuáticos, las fluctuaciones de la calidad del agua son extremas, aumentando la productividad biológica, bajando la diversidad y ocasionando florecimientos. (Alvarado *et al.* 1984, Chacón Torres *et al.* 2000). Esta contribución analiza los cambios que suceden en cuanto a la abundancia y distribución del fitoplancton en el lago de Cuitzeo, en época de lluvias (2007) y época de secas (2008).

## Área de estudio

El lago de Cuitzeo se localiza entre los 19° 53'15" y 20°04'34" de latitud norte y a los 100° 50'20" y 101°19'34" longitud oeste, a una altitud de 1,880 m, abarcando la mayor parte del norte en el estado de Michoacán y la cuarta parte en el sur de Guanajuato. Forma parte del Cinturón Volcánico Transversal, su origen data del Plio-cuaternario (Israde Alcántar 1999). Con depósitos aluviales y lacustres recientes de diatomeas, limo, arcilla y arena. 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. El Clima se puede considerar templado que oscila de cálido a seco. La vegetación terrestre es subtropical, pastizales y una gran cantidad de maleza acuática. La extensión del espejo de agua es de 420 km<sup>2</sup>, su máxima longitud es de 52 km de este a oeste y su máxima anchura de 12.5 km y con una profundidad de menos de 2 m (Alvarado *et al.* 1984,

✉ Autor de correspondencia: María del Rosario Ortega Murillo. Manantiales de Sindurio # 141. Inf. Los Manantiales, Morelia, Michoacán, México, C.P. 58170. email: rosaormu@yahoo.com, mariadelrosario007@gmail.com

Ceballos Corona *et al.* 1994, Israde Alcántar 1999, Chacón Torres *et al.* 2000, Israde Alcántara *et al.* 2002).

### Metodología

El estudio se realizó en dos épocas: lluvias (Noviembre 2007) y estiaje (junio 2008), en los siguientes sitios (Fig.1): Capacho (C) y Autopista Salamanca (AS), en la zona Oeste San Agustín (SA) y La Palma (LP), zona Centro; Iramuco (I), Dren Queréndaro (DQ) y Estación Queréndaro (EQ) en la zona Este. Se midieron algunas variables ambientales profundidad, temperatura, transparencia, oxígeno, conductividad, salinidad, sólidos disueltos totales, alcalinidad entre otros (APHA 1995). Para el análisis cualitativo del fitoplancton se muestreó con una red de maya fina de 39 micrones, los arrastres fueron en forma horizontal durante cinco minutos. Con respecto al estudio cuantitativo se tomó una muestra directa de 250 ml.

El material fue fijado con una solución de formol al 4% y procesadas en diferentes periodos en el Laboratorio de Biología Acuática “J. Javier Alvarado Díaz” de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo utilizando un microscopio compuesto Zeiss y los siguientes criterios taxonómicos: Whitford & Schumacher (1973), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988 y 1991), Comas (1996), Dillard (2000), Krammer (2000), Round *et al.* (2000), Komárek & Anagnostidis (2001 y 2002) y John *et al.* (2003). En el mismo contexto, el análisis cuantitativo se realizó con un microscopio invertido Zeiss modelo ID03, empleando el método propuesto por Utermöhl (Schwoerbel 1975), se representó como org/ml. La abundancia relativa se midió a través de la propuesta de Krebs (1985), la distribución se determinó de acuerdo al espacio que ocupan u ocurren las comunidades en el tiempo del muestreo, utilizándose el programa estadístico MVSp. Versión 3.0 (Telfer 1998).

Tabla 1. Variables ambientales de las dos épocas de estudio

| VARIABLE AMBIENTAL                                     | Media |
|--|-------|
| Temperatura del agua (°C)                              | 23.4  |
| Profundidad (cm)                                       | 34    |
| Transparencia (cm)                                     | 5.3   |
| Oxígeno Disuelto (mgL <sup>-1</sup> )                  | 10.6  |
| Saturación de Oxígeno (%)                              | 119   |
| pH   | 8.7   |
| Alcalinidad (mg de CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> ) | 20.5  |
| Conductividad eléctrica (k25)(μScm-1)                  | 1869  |
| Salinidad (gL <sup>-1</sup> )                          | 1196  |

### Resultados

Con respecto a los sitios de colecta, estos fueron considerados con base a la zonación o los vasos que existen en el lago: en el vaso oeste, con Capacho y Autopista Salamanca, corresponden a lugares con valores y altos en la salinidad, conductividad, alcalinidad y oxígeno; en la zona este o de aguas dulceacuícolas, se localizan los ingresos de aguas al lago, encontrándose Iramuco con la desembocadura de aguas de desecho doméstico de dicha localidad; en la Estación Queréndaro, fluyen las aguas negras de las comunidades de Zinapécuaro y Ciudad Hidalgo; en el Dren Queréndaro, desembocan los desechos domésticos agrícolas e industriales de la ciudad de Morelia y alrededores, donde los valores de salinidad, conductividad y sólidos son bajos; en la zona central o intermedia con los sitios de La Palma y San Agustín, la conductividad, salinidad y alcalinidad son intermedios (Tabla 1, Figura 1).

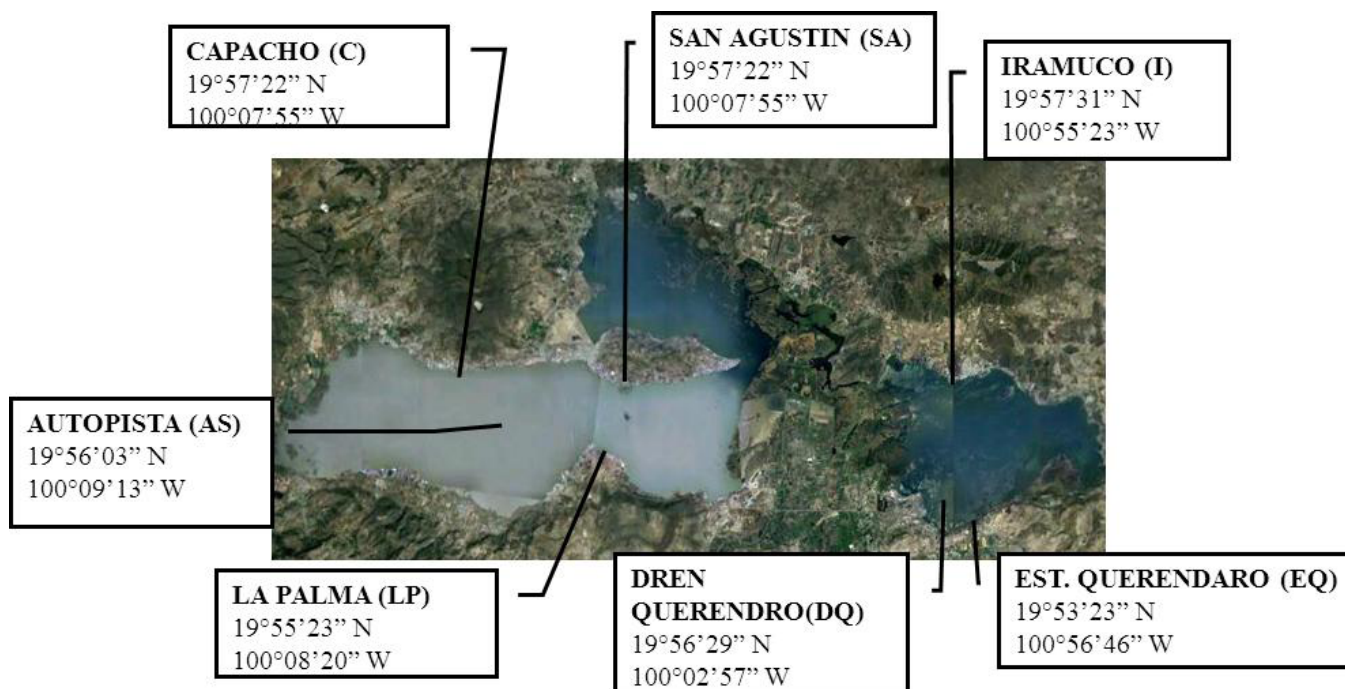


Figura 1. Los sitios de colecta y sus coordenadas en el cuerpo de agua

Tabla 2. Abundancia total y relativa de las especies de las dos épocas de estudio

| Especies                         | Org/mL | %     | Especies                                  | Org/mL | %    |
|----------------------------------|--------|-------|---|--------|------|
| <i>Ulnaria ulna</i>              | 2490   | 12.91 | <i>Scenedesmus bijuga</i>                 | 45     | 0.23 |
| <i>Merimospedia punctata</i>     | 2043   | 10.59 | <i>Gomphonema parvalum</i>                | 45     | 0.23 |
| <i>Monaraphidium contortum</i>   | 1626   | 8.43  | <i>Phacus pseudonordstedtii</i>           | 31     | 0.16 |
| <i>Anabaenopsis elkensii</i>     | 1576   | 8.17  | <i>Crucigenia quadratum</i>               | 31     | 0.16 |
| <i>Chroococcus dispersus</i>     | 1226   | 6.36  | <i>Nitzschia linearis</i>                 | 31     | 0.16 |
| <i>Merimospedia elegans</i>      | 1096   | 5.68  | <i>Scenedesmus arcuatus</i>               | 31     | 0.16 |
| <i>Harpochytrium tenuissimum</i> | 780    | 4.04  | <i>Sellaphora pupula</i>                  | 30     | 0.16 |
| <i>Cosmarium abbreviatum</i>     | 751    | 3.89  | <i>Tetraedron caudatus</i>                | 30     | 0.16 |
| <i>Aphanocapsa elachista</i>     | 601    | 3.12  | <i>Phacus curvicauda</i>                  | 30     | 0.16 |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i>   | 589    | 3.05  | <i>Kirchneriella aparta</i>               | 17     | 0.09 |
| <i>Tetraedron minus</i>          | 482    | 2.50  | <i>Nitzschia vermicularis</i>             | 16     | 0.08 |
| <i>Amphora ovalis</i>            | 482    | 2.50  | <i>Pleurocapsa minor</i>                  | 16     | 0.08 |
| <i>Scenedesmus (Dos)sp.</i>      | 421    | 2.18  | <i>Tetrastrum elegans</i>                 | 16     | 0.08 |
| <i>Phormidium foveolarum</i>     | 407    | 2.11  | <i>Pinnularia gibba</i>                   | 16     | 0.08 |
| <i>Ophiocitium sp.</i>           | 390    | 2.02  | <i>Aulacoseira granulata</i>              | 15     | 0.08 |
| <i>Scenedesmus communis</i>      | 361    | 1.87  | <i>Epithemia adnata</i>                   | 15     | 0.08 |
| <i>Pediastrum tetra</i>          | 348    | 1.80  | <i>Euglena adherens</i>                   | 15     | 0.08 |
| <i>Scenedesmus opoliensis</i>    | 340    | 1.76  | <i>Sorastrum sp</i>                       | 15     | 0.08 |
| <i>Synedra acus</i>              | 286    | 1.48  | <i>Rhoicosphenia curvata</i>              | 5      | 0.03 |
| <i>Merimospedia glauca</i>       | 285    | 1.48  | <i>Trachelomonas hipida</i>               | 3      | 0.02 |
| <i>Akistrodesmus falcatus</i>    | 272    | 1.41  | <i>Phacus anacoleus</i>                   | 2      | 0.01 |
| <i>Nitzschia calida</i>          | 240    | 1.24  | <i>Coelastrum microporum</i>              | 2      | 0.01 |
| <i>Anabaena cilindrica</i>       | 226    | 1.17  | <i>Nitzschia amphibia</i>                 | 2      | 0.01 |
| <i>Euglena próxima</i>           | 196    | 1.02  | <i>Chroococcus minus</i>                  | 1      | 0.01 |
| <i>Scenedesmus dimorphus</i>     | 182    | 0.94  | <i>Gomphonema affines</i>                 | 1      | 0.01 |
| <i>Microcystis incerta</i>       | 151    | 0.78  | <i>Nitzschia levidensis var salinarum</i> | 1      | 0.01 |
| <i>Closterium venus</i>          | 123    | 0.64  | <i>Euglena limnophyla</i>                 | 1      | 0.01 |
| <i>Closterium setaceum</i>       | 120    | 0.62  | <i>Phacus undulatum</i>                   | 1      | 0.01 |
| <i>Navicula cryptocephala</i>    | 110    | 0.57  | <i>Chlorella vulgaris</i>                 | 1      | 0.01 |
| <i>Aulacoseira distans</i>       | 97     | 0.50  | <i>Keratococcus</i>                       | 1      | 0.01 |
| <i>Treubaria crassipina</i>      | 91     | 0.47  | <i>Pediastrum duplex</i>                  | 1      | 0.01 |
| <i>Rhopalodia gibba</i>          | 91     | 0.47  | <i>Scenedesmus falcatus</i>               | 1      | 0.01 |
| <i>Aphanocapsa minor</i>         | 90     | 0.47  | <i>Nitzschia incrustans</i>               | 1      | 0.01 |
| <i>Nitzschia closterium</i>      | 60     | 0.31  | <i>Nitzschia palea</i>                    | 1      | 0.01 |
| <i>Craticula cuspidata</i>       | 46     | 0.24  | <i>Aphanocapsa minor</i>                  | 1      | 0.01 |
| <i>Euglena oxyurus</i>           | 45     | 0.23  | <i>A. granulata</i>                       | 1      | 0.01 |
| <i>Gomphonema angustatum</i>     | 45     | 0.23  | <i>Phormidium corium</i>                  | 1      | 0.01 |
| <i>Schroederia settigera</i>     | 45     | 0.23  | <i>Tetrastrum elegans</i>                 | 1      | 0.01 |

Los resultados demuestran una gran riqueza de taxones (Fig. 2), se determinaron 125 especies en las dos épocas, detectando que Bacillariophyta presenta la mayor diversidad de especies en ambas épocas de colecta, mientras que el grupo menos diverso correspondió a Xanthophyta con una sola especie. En la figura 3 se muestra la abundancia de estas especies, se observó que

Cyanophyta presenta los valores altos, mientras Xanthophyta se encontró en cantidades mínimas. Las especies más abundantes (Tabla 2) corresponden a las algas azul verde y diatomeas.

Las agrupaciones del cluster en época de lluvias (Fig. 4), muestran una mayor similitud entre los sitios de colecta del Dren Queréndaro y Estación Queréndaro, localizados con

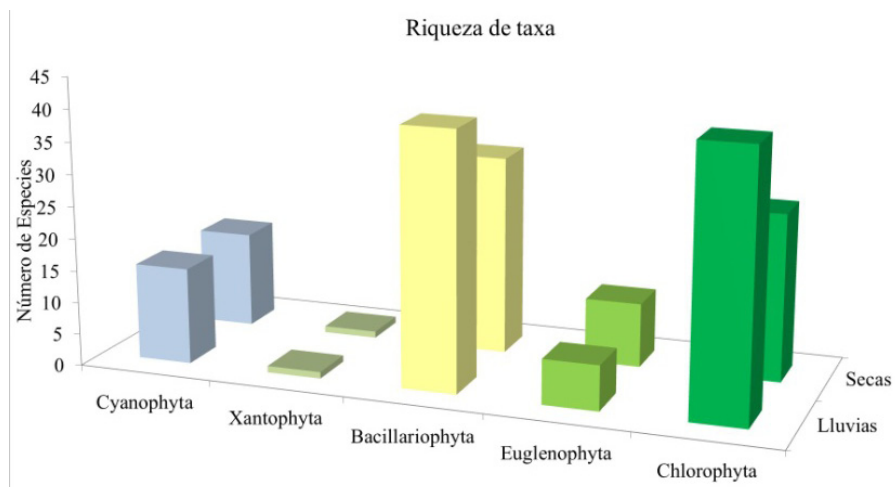


Figura 2. Riqueza de taxa de las dos épocas

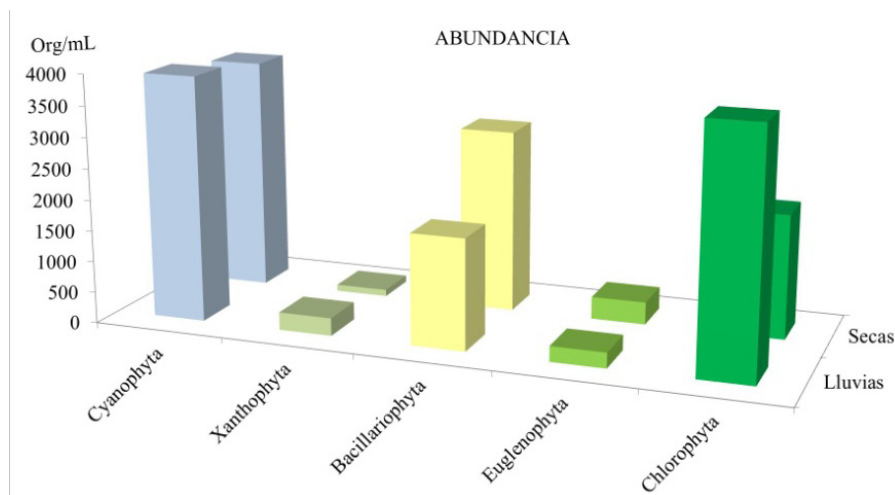


Figura 3. Abundancia por divisiones de algas de las dos épocas

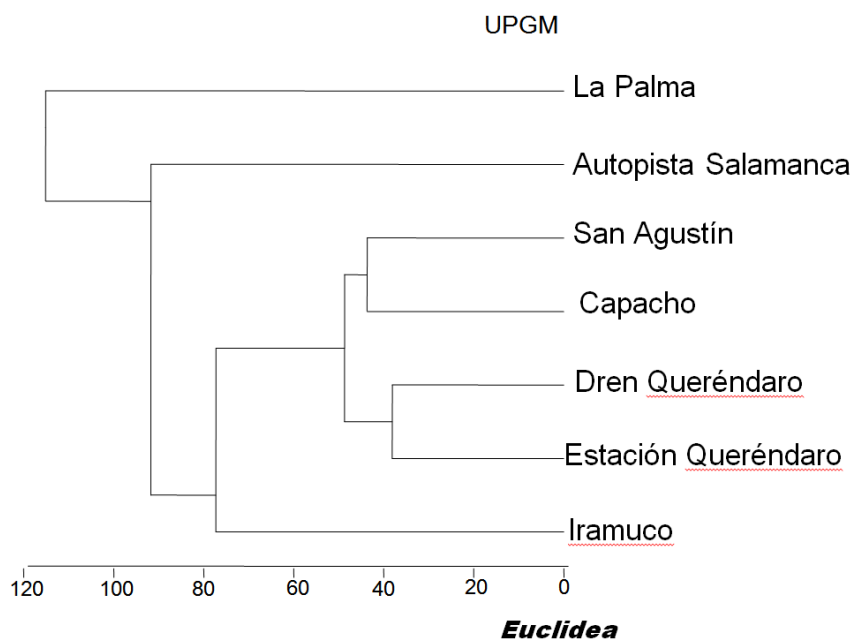


Figura 4. Dendrograma de la abundancia del fitoplancton en época de lluvias.

*Ulnaria ulna* como más abundante, pero estación Queréndaro presentó los valores más altos de abundancia. Con respecto a los sitios San Agustín y Capacho, que corresponden a la zona central y oeste, respectivamente, la especie más abundante fue *Monoraphidium*, pero Capacho es uno de los sitios donde se presentan los valores mínimos de abundancia.

Con respecto a los grupos independientes, la especie más abundante fue diferente para cada uno: en el lugar de La Autopista Salamanca, las especies más abundantes correspondieron a *Ulnaria ulna* y *Anabaenopsis elkensii*; en La Palma se encontró *Chroococcus dispersus*; en Iramuco se detectó la mayor abundancia a las algas azul verde como *Merismopedia punctata* y *Anabaenopsis elkensii*.

En la época de estiaje (secas), el dendrograma refleja una mayor similitud entre los sitios Capacho y Autopista Salamanca, pertenecientes a la zona oeste: la especie más abundante es diferente para Capacho (*Cyclotella meneghiniana*); en la Autopista Salamanca y San Agustín la especie más abundante fue *Nitzschia calida*, ambas pertenecen a las diatomeas; en La Palma, se observó a *Monoraphidium contortum* como la más abundante.

Los sitios de colecta Estación Queréndaro e Iramuco, aunque están agrupados, su similitud es baja, en caso de Estación Queréndaro la especie más abundante correspondió *Anabaenopsis elkensii*, mientras que en Iramuco se encontró a *Ulnaria ulna* y *Merismopedia punctata*.

### Discusión

El lago de Cuitzeo es considerado como un cuerpo poco profundo y plano y con una distribución horizontal marcada fuertemente por la conductividad, salinidad y la alcalinidad (Alvarado et al. 1984, Ceballos Corona et al. 1994, Chacón Torres et al. 2000, Israde Alcántara et al. 2002). Los valores altos de la conductividad y salinidad se ven aumentados sobre todo en la época de secas en el vaso oeste, esa fuerte ionización y salinización es debido a la composición del suelo y al desequilibrio hidrológico (Mendoza Cantú 2002), considerándose de acuerdo la clasificación de Reid & Wood (1976) como mixo-β oligohalina, lo que hace considerarlo como un cuerpo



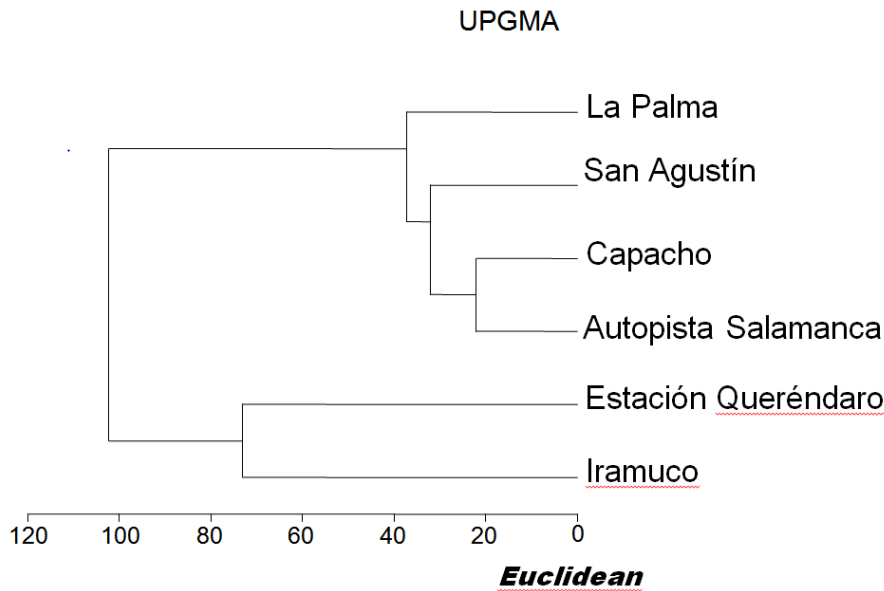


Figura 5. Dendrograma de la abundancia del fitoplancton en época de estiaje

de agua hiposalino (Alcocer & Escobar 1992, Alcocer & William 1993).

En el vaso central, los valores de conductividad y salinidad son intermedios y con una tendencia de la salinidad a reflejar las condiciones ambientales de un estuario (Chacón Torres *et al.* 2000). Para el vaso este, las condiciones de conductividad y salinidad son dulceacuícolas debido al aporte de los afluentes al cuerpo. Las concentraciones del oxígeno disuelto son extremadamente variables (Tabla 2), donde los altos niveles de saturación ocurren durante el día como resultado de la intensa actividad fotosintética sobre todo de las cianofíceas (Alcocer & Escobar 1992, Chacón Torres *et al.* 2000), que están presentes en el lago, además por la actividad y acción del viento que actúan sobre el cuerpo de agua poco profundo.

En cuanto al fitoplancton, en su composición se observó una gran riqueza de especies del grupo de las diatomeas, el cual es utilizado como indicador de condiciones ambientales, Margalef (1983) menciona que en las comunidades bajo condiciones extremas, los organismos presentes están relacionados con las concentraciones de sales, de hecho existe un sistema o clasificación halobia para las diatomeas (Lowe 1974, De la Lanza *et al.* 2000 y Round *et al.* 2000).

En relación a la abundancia, el grupo más abundante corresponde a las cianofíceas, éste es considerado como un grupo muy antiguo, que se desarrolla

especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían notablemente de las relaciones habituales, multiplicándose en condiciones marginales o cambiantes (Margalef 1983). Además, éstas se despliegan en circunstancias alcalinas con presencia de grandes aumentos de bicarbonatos y carbonatos, prevalecen donde existen grandes cantidades de materia orgánica en descomposición y altos ingresos de fósforo y nitrógeno (Wetzel 2001, Scagel *et al.* 1987, Lee 2005).

Las especies más abundantes indican un cuerpo de agua poco profundo, alcalino, en proceso de eutroficación y son ticoplanctónicas (especies que pueden formar parte del plancton o vivir adherido algún sustrato).

Con las agrupaciones mostradas en el análisis de cluster, se observó que las condiciones de salinidad, conductividad, alcalinidad, marcan la distribución de la abundancia, tal es el caso de la presencia diatomeas como *Cyclotella meneghiniana* y *Nitzschia calida* en la zona oeste y central. Para ambas, su óptimo ideal es a pH de 8-8.5 y en condiciones salinas, en el caso de *C. meneghiniana*, es una especie que soporta un alto rango de conductividad y es común en ambientes acuáticos con materia orgánica y altos contenidos en minerales, además es un taxa que desde hace más de 1000 años esta presente (Israde Alcántara *et al.* 2002, Ortega Murillo 2002, Ortega Murillo *et al.* 2010). En el caso de *Ulnaria ulna*, indicadora de aguas en un proceso

eutrófico, se desarrolla principalmente en un pH de 8 e indicadora de la presencia de materia orgánica (Lowe 1974 y Round *et al.* 2000), dicha condición se detectó principalmente en el vaso este del cuerpo de agua donde además existen los afluentes del lago y traen consigo una gran cantidad de desechos agrícolas, industriales y domésticos.

Las especies de Cyanophyceae como las Chroococcales, son indicadoras de la presencia de materia orgánica (Margalef 1983, Komárek & Anagnostidis 2001, John *et al.* 2003), y han jugado un papel muy importante en el cambio de un lago eutrófico a hipertrófico (Alvarado *et al.* 1984, Chacón Torres *et al.* 2000, Ortega Murillo 2000, Ortega Murillo *et al.* 2010). *Chroococcus dispersus* y *Merimospedia punctata*, se localizaron en sitios poco profundos y donde existe la entrada de aguas negras. *Anabaenopsis elkensisii*, otra alga azul verde planctónica y con presencia de heterocistos, los cuales presentan la función de fijación de nitrógeno atmosférico (Margalef 1983, Reynolds 1999, Komárek & Anagnostidis 2002, John *et al.* 2003), se detecto en Iramuco, cerca de la entrada de las aguas negras de la población del mismo nombre.

*Monoraphidium contortum*, alga verde o clorofícea, una especie cosmopolita (Reynolds 1997, John *et al.* 2003), se observó viviendo principalmente en el plancton y aguas poco profundas con una gran cantidad de nutrientes y contaminadas.

## Conclusión

La deterioración y sobreexplotación de los drenajes que llegan al lago de Cuitzeo, el incremento de la eutroficación cultural, principales causas de la hipertroficación que existe en el cuerpo de agua, se ha manifestado en la comunidad del fitoplancton del lago.

En éste, se observó una marcada distribución de la abundancia de algunas especies de diatomeas, algas azul verde y algas verdes, en relación a la distribución horizontal, marcada principalmente por la salinidad, conductividad y alcalinidad del lago.

## Referencias

- APHA-AWWA-WPCF (1995) *Methods for the examination of Water*. 19<sup>th</sup> edition. American Public Health Association (APHA), American Methods Water Work Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF) USA
- Alvarado D, T Zubieta Rojas, R Ortega Murillo, A Chacón Torres y R. Espinoza (1984) *Hipertroficación en un lago tropical somero*. Biológicas 1. Escuela de Biología UMSNH.
- Alcocer J y E Escobar (1992) La Producción primaria en agua athalasohalinas. *Rev. Soc. Méx. Hist. Nat.*, 43: 101-108 pp
- Alcocer J y WD Williams (1993) Lagos Salinos Mexicanos. In SI Salazar-Vallejo y NE González (eds), *Biodiversidad marina y Costera de México*. Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp
- Ceballos Corona JGA, MR Ortega Murillo, M Medina Nava, M Martínez Trujillo, LS Rodríguez Jiménez y S González Santoyo (1994) *Análisis Limnológico del lago de Cuitzeo, Michoacán, México*. Editorial Universitaria. UMSNH. 45 pp
- Comas AG (1996) *Las Chlorococcales dulceacuícolas de Cuba*. J. Cramer. Stuttgart, Berlín. 100 pp
- Chacón-Torres A, C Rosas-Monge y J Alvarado-Díaz (2000) The effects of hypereutrophication in a tropical Mexican lake. Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope. In M Munawar, SG Lawrence, IF Munawar y DF Mally (eds), *Ecovision World Monograph Series*. 89-101 pp
- Darley WM (1987) *Biología de las Algas, Enfoque Fisiológico*. Ed. Limusa, México. 236 pp
- De la Lanza EG, S Hernández P y JL Carvajal (2000) *Organismos indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores)*. Plaza y Valdez. México 43-108 pp
- Dillard GE (2000) *Freshwater Algae of the southeastern United State*. Part. 7. Pigmente Euglenophyceae. J. Cramer. Berlin Stuttgart Bibliotheca Phycologica. Band 106. 135 pp y 20 placas
- Israde-Alcántara I (1999) *Los lagos Volcánicos y Tectónicos en Michoacán*. En Cartas Geológicas de Michoacán escala 1: 250,000. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas. UMSNH: 45-74 en el centro del lago de Cuitzeo
- Israde-Alcántara I, VH Garduño-Monroy R Ortega-Murillo (2002) Paleambiente lacustre del cuaternario Tardío en el centro del lago de Cuitzeo. *Hidrobiológicas*. Vol. 12 (1): 61-78
- John DM, BA Whitton y AJ Brook (2003) *The Freshwater algal flora of the British Isle*. An Identification guide to Freshwater and Terrestrial algae. The Natural History Museum. Cambridge University Press. 702 pp
- Komárek J y K Anagnostidis (2001) *Cyanoprokarionta. 1. Teil: Chroococcales*. Gustav Fischer. Jena Stuttgart Liibeck Ulm. 547 pp
- Komárek J y K Anagnostidis (2002) *Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales*. Spectrum Akademischer Verlag
- Krammer K y H. Lange-Bertalot (1986) *Bacillariophyceae*. Gustav. Fischer Verlag: Stuttgart. New York. Tomo I. 876 pp
- Krammer K y H. Lange-Bertalot (1988) *Bacillariophyceae*. Gustav. Fischer Verlag: Stuttgart. New York. Tomo II. 596 pp.
- Krammer K y H Lange-Bertalot (1991) *Bacillariophyceae*. Gustav. Fischer Verlag: Stuttgart. New York. Tomo III. 576 pp.
- Krammer 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 1. Thegennus: Pinnularia Gantner Verlag, K.G. 530 pp
- Krebs Ch (1985) *Ecología*. Estudios de la distribución y abundancia. 2<sup>a</sup> edición. Editorial Harla. México. 753 pp
- Lee RE (2005) *Phycology*. Cambridge University Press. Cambridge. 614 pp
- Lowé RL (1974) *Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms*. EPA Report # Epa-6704/74-005, Cincinnati Oh, 333 pp
- Margalef R (1983) *Limnología*. Ediciones Omega. S. A. Barcelona, España. 1010 pp
- Mendoza-Cantú ME (2002) *Implicación del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en el balance hídrico regional*. El caso de la cuenca de Cuitzeo. Tesis Doctoral. Instituto Geofísica de la UNAM. 284 pp
- Ortega-Murillo MR (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*. Tesis de Maestría. Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 94 pp
- Ortega-Murillo MR, R Alvarado-Villanueva, R Hernández-Morales, y JD Sánchez-Heredia (2010) Evolución trófica de un lago trófico hiosalino con base al fitoplancton. *Biológicas* 12(2): 75-81
- Reid KG y DR Wood (1976) *Ecology of island waters and estuaries*. Second Ed. D. Van Nostrand Co., USA
- Reynolds CS (1984) *The Ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge, Cambridge University Press. 384 pp
- Reynolds CS (1997) *Vegetation Processes in the Pelagic: A model Ecosystem the dry in Ecology 9*. O. Kinna. Editor. Institute Germany 1-15 pp
- Round FE, R Crawford M y D Mann G (2000) *The Diatoms*. Cambridge University Press. Great Britain. 147 pp
- Scagel RF, RJ Bandoni, JR Maze, GE Rouse, WB Schofield y JR Stein (1987) *El Reino Vegetal*. Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 778 pp
- Schwoerbel J (1975) *Métodos Hidrobiológicos*. H. Blume Ediciones, España. 261 pp
- Telfer T (1998) *Multivariate Statical Package*. Versión 3.01. Kovach Computing. Service. Isle of Angeleseey, Wale, U.K.
- Whitford LA y GJ Schumacher (1973) *A Manual of Fresh-Water Algae*. Sparks Press, Raleigh, N.C. 321 pp
- Wetzel RG (1981) *Limnología Ed*. Omega S.A. Barcelona, España. 679 pp
- Wetzel RG (1981) *Limnology Lake and River Ecosystem*. Third edition. Academic Press. 1006 pp