

RESUMEN / ABSTRACT

Se llevó a cabo un reconocimiento de las especies del fitoplancton del Lago Tonatiahua, Morelos, México, registrándose un total de 24 especies, incluidas en las siguientes clases: Chlorophyceae con 4 especies, Chlamydothryx con 3 especies, Cyanophyceae con 3 especies, Euglenophyceae con 2 especies, Dinophyceae con 1 especie y Bacillariophyceae con 11, se da una descripción de cada una de ellas y la distribución que presentaron en la columna de agua durante el estudio.

An examination of the phytoplankton species from the Tonatiahua lake of Morelos, Mexico was carried out. 24 species were examined. They were included in the following classification: Chlorophyceae with 4 species, Chlamydothryx with 3 species, Cyanophyceae with 3 species, Euglenophyceae with 2 species, Dinophyceae with 1 species, Bacillariophyceae with 11 species, a description of each are and its distribution in a water column during the test are presented in this paper.

Recibido: 27 de Enero de 2003

Aceptado: 29 de Mayo de 2003

Laboratorio de Hidrobiología, Centro de Investigaciones Biológicas, UAEMor, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, C.P. 62210 Cuernavaca, Morelos, México.

# Especies del Fitoplancton Presentes en el Lago Tonatiahua, Morelos, México.

García-Rodríguez Judith\*; Molina-Astudillo, F. Isela\*; Quiroz Cástelan Héctor\* y Trejo Albarrán Roberto\*.

## INTRODUCCIÓN

En México los estudios realizados sobre la flora ficológica de ambientes continentales empezaron a tomar relevancia a mediados del siglo XX, a pesar de ello, son pocos los trabajos publicados a este respecto, por eso, es importante llevar a cabo trabajos de esta índole, considerando que el conocimiento de la biota y su relación con las condiciones climáticas puede hacer posible el manejo de estas cuencas.

En los sistemas acuáticos, incluyendo los ambientes lénticos, el conocimiento de la ficoflora es uno de los puntos de partida para los estudios limnológicos, conocer cuáles organismos se encuentran en un cuerpo de agua requiere conocerlo limnológicamente.

En el Estado de Morelos, pocos son los estudios que han sido realizados sobre la flora algal de ambientes lénticos, entre los cuales se pueden mencionar a Hernández-Becerril y Tapia, 1987; García-Rodríguez y Tavera, 1998 y García-Rodríguez y Tavera, 2002; por consiguiente, el presente estudio tiene la finalidad de contribuir al conocimiento de las comunidades del fitoplancton en ambientes lénticos, para lo cual se realizó el presente trabajo en el Lago Tonatiahua.

## ÁREA DE ESTUDIO

El lago Tonatiahua se ubica dentro del Parque Nacional Lagunas de Zempoala (Bonilla, 1992), este Parque se localiza a 65 km al sur de la Ciudad de México y a 38 km al norte de la Ciudad de Cuernavaca, Morelos (figura 1). El lago se encuentra geográficamente a los 19°03'19" N y a los 99°19'00" W.

El Parque presenta una vegetación de encinar, pinar y bosque de oyameles (Miranda y Hernández, 1963), propios de la Provincia de las Serranías Meridionales, se encuentra dentro de la Provincia

**PALABRAS CLAVE:** Tonatiahua; Fitoplancton; Columna de agua y lago.

**KEYWORDS:** Tonatiahua; Phytoplankton; Water column and lake.



Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Lagunas de Zempoala.

Fisiográfica del Eje Volcánico Transversal, originada durante la Revolución Laramídica, cuando se conformó la Sierra de Zempoala. Los suelos dominantes de la región son andosoles de tipo húmico, derivados de material volcánico reciente, con alta capacidad de retener agua, de erosionarse y de fijar fósforo (López-García, 1990).

El clima que predomina es el tipo más húmedo de lo templado-subhúmedo, con lluvias en verano  $C(w_2)$  (w), con un cociente P/T mayor a 55 y un porcentaje de lluvia invernal muy escaso. La temperatura media anual oscila entre  $12^\circ$  y  $18^\circ\text{C}$  y la del mes más frío entre  $-3^\circ$  y  $12^\circ\text{C}$  (García, 1990).

El lago Tonatiahua está situado a una altura de 2810 m snm y presenta agua durante todo el año. Se trata de una cuenca endorreica, alimentada permanentemente por un pequeño arroyo. Tiene una superficie de  $53.40\text{ m}^2$  en el estiaje y de  $61.21\text{ m}^2$  en la época de lluvias. Su ancho máximo es de 231.25 m y el mínimo de 44.70, con 312.80 m a 342 m de largo máximo en dirección oeste-este (SPP, 1979) (figura 2).

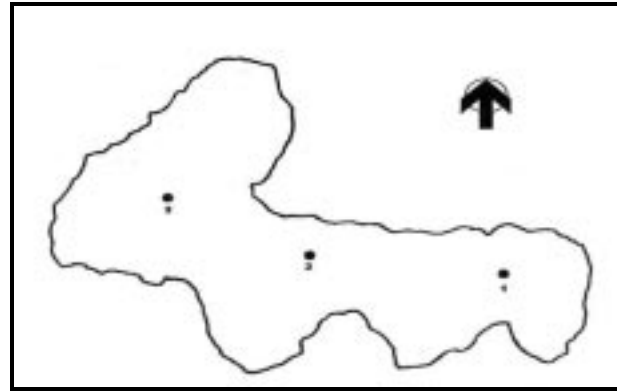


Figura 2. Zonas de colecta, Lago Tonatiahua.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para el estudio del lago se realizaron colectas cada 40 días de agosto de 1998 a marzo de 1999, colectando a 3 profundidades (superficie, media agua y fondo) y en tres zonas del lago (figura 2). Las muestras fueron obtenidas con una botella Van Dorn de 3 l. Para la determinación de las especies se utilizaron submuestras de 250 ml preservadas con acetato lugol.

Se determinó la temperatura, medida con un termómetro digital marca HANNA, el ph medido con un potenciómetro pHep, HANNA y el oxígeno con un oxímetro YSI Modelo 5700 ( $\pm 0.2\text{ mg/l}$ ).

En el laboratorio se elaboraron preparaciones permanentes para el reconocimiento de las especies con gelatina glicerizada y para el caso de las Bacillariophyceae, las frústulas se limpiaron con la técnica de oxidación ácida (Rushforth; Kaczmarzka y Johansen, 1984).

Se realizó una descripción de las especies, incluyendo la distribución que presentan dentro del Lago.

La clasificación sistemática de la flora algal utilizada es particular para las Clases y Órdenes algales. Las Chlorophyceae se basan en Komárek y Fott (1983) para Chlorococcales; en Prescott (1962) y Prescott *et al.*, (1981, 1982) para Volvocales y Desmidiáles, así como para Heterokontophyceae; en Huber- Pestalozzi

(1955) para Euglenophyceae; en Popovsky y Pfister (1990) para Dinophyceae; en Starmach (1985) para Chrysophyceae; en Gardner (1927) y Geitler (1932) para Cyanophyceae; en Patrick y Reimer (1966) y Kramer y Lange-Bertalot (1991a, 1991b, 1988) para Bacillariophyceae.

## RESULTADOS

Durante el estudio fueron reconocidas un total de 24 especies, incluidas en las siguientes clases: Chlorophyceae con 4 especies, Chlamydomonadales con 3 especies, Cyanophyceae con 3 especies, Euglenophyceae con 2 especies, Dinophyceae con 1 especie y Bacillariophyceae con 11 especies.

Los resultados registrados de los parámetros físicos y químicos realizados durante el trabajo son presentados en la tabla 1.

Se realizó un reconocimiento de las especies presentes en el lago, con lo cual se hace una descripción y se considera la distribución de éstas dentro de la columna de agua (tabla 2).

Clase CHLOROPHYCEAE  
Orden CHLORELLALES  
Familia SELENASTRACEAE

*Gregiochloris lacustris* (Chod.) Marvan, Komárek y Comas.

Colonias de 4 células dispuestas irregularmente, envueltas en un mucílago. Las células son fusiformes atenuándose hasta el ápice que es agudo. Presentan un cloroplasto parietal con un pirenoide. Dimensiones: células de 16 x 4 µm. Colonia de 51 x 24 µm.

Fue una especie esporádica en las tres zonas. Registrada en este lago de superficie a media columna de agua.

*Monoraphidium griffithii* (Berk.) Komárková-Legnerová.

Célula fusiforme, más de 12 veces más larga que ancha, hacia la parte terminal de la célula,

ésta se va haciendo aguda. Pared celular lisa. Dimensiones: 43 x 2 µm.

Estuvo presente esporádicamente en las tres zonas. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

Familia OOCYSTACEAE  
Subfamilia OOCYSTOIDEAE

*Oocystis marssonii* Lemmermann.

Células fusiforme-ovales, polos redondeados a levemente obtusos. Uno o dos cloroplastos parietales, cada uno con un pirenoide. Dimensiones: 11 x 7 µm. En el presente artículo, se respeta el género *Oocystis* con pirenoides presentes para la especie registrada en Tonatiahua, este señalamiento ya se había realizado para la especie localizada en el lago Zempoala por García-Rodríguez y Tavera (1998).

Esta especie fue esporádica en las tres estaciones. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

Familia SCENEDESMACEAE  
Subfamilia SCENEDESMOIDEAE

*Scenedesmus opoliensis* Richter var. *mononensis* Chodat.

Cenobios con células unidas paralelamente en más de  $\frac{1}{3}$  de su longitud. Células con los lados redondeados, los extremos de las células ligeramente alargados y los polos más o menos truncados. Las espinas se asientan excéntricamente sobre el polo. Dimensiones: 20 x 6 µm.

Esta especie fue poco frecuente en las tres zonas de colecta. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

Clase CHLAMYDOMONADALES  
Orden VOLVOCALES  
Familia VOLVOCACEAE

*Pandorina smithii* Chodat.

Colonia esférica. Células esféricas. Cloroplastos en forma de copa, con un pirenoide.

**Tabla 1.** Registros de las características físicas y químicas en las tres estaciones de colecta consideradas y durante todo el estudio.

	EST.1			EST. 2			EST. 3		
	SUPERFICIE	MEDIA AGUA	FONDO	SUPERFICIE	MEDIA AGUA	FONDO	SUPERFICIE	MEDIA AGUA	FONDO
Jul.98									
TEMP. (°C)	20	18	17	20	19	17	20	19	17.5
PH	6	6.1	6.1	6	6	6	6.1	6.1	6.1
OXÍGENO (mg/l)	7.4	1	1.5	7.2	1	1	6.3	5	0.5
Sept.98									
TEMP. (°C)	18	17.5	16	17.5	17.5	16	17	17	16
PH	6.9	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.5	6.6	6.6
OXÍGENO (mg/l)	4.9	3.5	2	5.8	0.8	0.5	5.9	6	1
Oct.98									
TEMP. (°C)	18.5	16	15	19	15.5	14.5	20	15.5	15
PH	5.8	5.8	5.9	5.8	5.8	5.8	6.5	6.1	6.0
OXÍGENO (mg/l)	11	3.7	4.5	11	3.5	3.8	12.0	3.5	4.0
Dic.98									
TEMP. (°C)	14.0	12.0	12.0	12.0	12.0	13.0	15.0	14.0	14.0
PH	6.3	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.1	6.1	6.1
OXÍGENO (mg/l)	3.8	2.5	1.0	3.8	3.7	2.2	3.5	3.3	2.8
Feb.99									
TEMP. (°C)	13	10.5	11	12.5	10.5	11	13.5	10.5	11
PH	8.4	8.2	8	7.9	7.9	8	7.9	7.9	7.9
OXÍGENO (mg/l)	6.9	5.4	1.04	6.3	4.2	0.8	3.8	1.08	0.8
Mar.99									
TEMP. (°C)	16	13	12	16	13	12	15	12	11
PH	7.7	7.4	7.3	7.3	7.4	7.4	7.3	7.4	7.4
OXÍGENO (mg/l)	3.5	3.2	0.7	3.3	3.6	0.5	3.4	2.7	0.7
Abr.99									
TEMP. (°C)	17.0	16.5	16.0	17.2	16.8	16.0	12.5	16.0	17.0
pH	7.1	7.0	7.1	7.0	7.1	6.8	6.7	6.8	6.7
OXÍGENO (mg/l)	2.75	2.75	1.05	2.75	2.85	2.05	2.5	2.6	0.5
Jun.99									
TEMP. (°C)	18.5	18	17.5	18.5	18	17	18.5	17	15
pH	5.9	6.0	5.7	5.7	5.7	5.8	5.4	5.2	5.0
OXÍGENO (mg/l)	6.2	2.9	0.1	6.5	3.8	0.8	6.5	3.02	1.5
Jul.99									
TEMP. (°C)	18.0	17.0	16.8	18.0	17.0	15.8	18.0	16.0	15.2
pH	7.9	6.58	7.97	7.91	7.93	7.77	7.92	7.68	7.35
OXÍGENO (mg/l)	6.0	6.5	0.5	6.6	6.5	0.7	7.0	6.7	2.0

**Tabla 2.** Distribución de las especies del fitoplancton en el lago Tonatiahua en las tres estaciones de colecta y durante todo el estudio.

AGOSTO/98	EST.1			EST.2			EST.3		
ESPECIE	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO
<i>CHLOROPHYCEAE</i>									
<i>Cosmarium subtumidum</i> var. <i>subtumidum</i>									
<i>Gregiochloris lacustris</i>	x				x			x	
<i>Monoraphidium graffithii</i>	x	x	x		x	x	x	x	x
<i>Oocystis marssonii</i>			x						x
<i>Pandorina smithii</i>									
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>		x	x			x	x		
<i>Staurastrum sebaldi</i> var. <i>ornatum</i> f. <i>planctonica</i>	x								x
<i>EUGLENOPHYCEAE</i>									
<i>Trachelomonas hispida</i>	x	x	x	x	x	x			x
<i>Trachelomonas stokesiana</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>DINOPHYCEAE</i>									
<i>Ceratium hirundinella</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>CYANOPHYCEAE</i>									
<i>Anabaena</i> sp									
<i>Anabaena</i> cf. <i>portoricensis</i>									x
<i>Microcystis protocystis</i>	x	x	x					x	
<i>BACILLARIOPHYCEAE</i>									
<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i>			x	x					x
<i>Asterionella formosa</i> var. <i>formosa</i>			x						x
<i>Cymbella cistula</i>									
<i>Cocconeis oblonga</i>		x	x		x		x	x	x
<i>Ephitemia turgida</i> var. <i>granulata</i>			x			x			
<i>Fragilaria crotonensis</i> var. <i>crotonensis</i>	x		x	x	x	x	x	x	x
<i>Frustulia rhombooides</i> var. <i>capitata</i>									x
<i>Gomphonema acuminatum</i>		x	x				x		x
<i>Gomphonema affine</i>									
<i>Nitzschia frustulum</i>							x		x
<i>Synedra ulna</i>			x						x
<b>SEPTIEMBRE/98</b>									
	EST.1			EST.2			EST.3		
ESPECIE	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO
<i>CHLOROPHYCEAE</i>									
<i>Cosmarium subtumidum</i> var. <i>subtumidum</i>	x								
<i>Gregiochloris lacustris</i>									
<i>Monoraphidium graffithii</i>									
<i>Oocystis marssonii</i>		x	x					x	x
<i>Pandorina smithii</i>							x		x
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>						x			
<i>Staurastrum sebaldi</i> var. <i>ornatum</i> f. <i>planctonica</i>							x	x	x
<i>EUGLENOPHYCEAE</i>									
<i>Trachelomonas hispida</i>	x	x	x	x	x	x		x	x
<i>Trachelomonas stokesiana</i>	x	x	x	x	x	x	x		x
<i>DINOPHYCEAE</i>									
<i>Ceratium hirundinella</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>CYANOPHYCEAE</i>									
<i>Anabaena</i> sp		x	x		x		x	x	x
<i>Anabaena</i> cf. <i>portoricensis</i>	x	x		x			x	x	x
<i>Microcystis protocystis</i>	x	x		x	x		x	x	x
<i>BACILLARIOPHYCEAE</i>									
<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>Minutissima</i>	x	x	x			x	x		x
<i>Asterionella formosa</i> var. <i>formosa</i>	x			x	x		x	x	
<i>Cymbella cistula</i>	x					x	x	x	

Continuación tabla 2.

	EST.1			EST.2			EST.3		
OCTUBRE/98	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO
<i>Cocconeis oblonga</i>		x	x			x			x
<i>Ephitemia turgida</i> var. <i>granulata</i>		x					x		
<i>Fragilaria crotonensis</i> var. <i>Crotonensis</i>	x	x	x	x	x	x	x		x
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>capitata</i>									
<i>Gomphonema acuminatum</i>		x					x	x	x
<i>Gomphonema affine</i>									
<i>Nitzschia frustulum</i>				x					
<i>Synedra ulna</i>									x
OCTUBRE/98	EST.1			EST.2			EST.3		
ESPECIE	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO
<b>CHLOROPHYCEAE</b>									
<i>Cosmarium subtrucidum</i> var. <i>Subtrucidum</i>						x	x		
<i>Gregiochloris lacustris</i>									
<i>Monoraphidium graffithii</i>					x				
<i>Oocystis marssonii</i>	x				x		x	x	
<i>Pandorina smithii</i>									
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>									
<i>Staurastrum sebaldi</i> var. <i>ornatum</i> f. <i>planctonica</i>	x	x	x	x		x	x		
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>									
<i>Trachelomonas hispida</i>				x		x	x		x
<i>Trachelomonas stokesiana</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>DINOPHYCEAE</b>									
<i>Ceratium hirundinella</i>	x	x		x	x	x	x	x	x
<b>CYANOPHYCEAE</b>									
<i>Anabaena</i> sp	x		x	x	x	x	x		x
<i>Anabaena</i> cf. <i>portoricensis</i>			x	x				x	
<i>Microcystis protocystis</i>	x			x	x	x	x	x	x
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>									
<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>Minutissima</i>			x	x		x		x	x
<i>Asterionella formosa</i> var. <i>formosa</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Cymbella cistula</i>									
<i>Cocconeis oblonga</i>				x		x			
<i>Ephitemia turgida</i> var. <i>granulata</i>	x	x	x	x	x	x			
<i>Fragilaria crotonensis</i> var. <i>Crotonensis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>capitata</i>									
<i>Gomphonema acuminatum</i>		x		x		x	x		
<i>Gomphonema affine</i>					x	x			
<i>Nitzschia frustulum</i>	x	x		x				x	x
<i>Synedra ulna</i>			x	x		x			
DICIEMBRE/98	EST.1			EST.2			EST.3		
ESPECIE	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO
<b>CHLOROPHYCEAE</b>									
<i>Cosmarium subtrucidum</i> var. <i>Subtrucidum</i>									
<i>Gregiochloris lacustris</i>									
<i>Monoraphidium graffithii</i>									
<i>Oocystis marssonii</i>						x			
<i>Pandorina smithii</i>									
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>							x		
<i>Staurastrum sebaldi</i> var. <i>ornatum</i> f. <i>planctonica</i>	x		x						
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>									
<i>Trachelomonas hispida</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Trachelomonas stokesiana</i>	x	x	x				x	x	x
<b>DINOPHYCEAE</b>									

Continuación tabla 2.

<i>Ceratium hirundinella</i>				X	X	X	X	X	X		
CYANOPHYCEAE											
<i>Anabaena</i> sp		X	X	X		X	X	X	X		
<i>Anabaena</i> cf. <i>portoricensis</i>	X		X	X		X					
<i>Microcystis protocystis</i>	X	X			X	X	X				
BACILLARIOPHYCEAE											
<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>Minutissima</i>	X	X	X	X	X	X		X	X		
<i>Asterionella formosa</i> var. <i>formosa</i>	X	X					X				
<i>Cymbella cistula</i>		X			X	X			X		
<i>Cocconeis oblonga</i>		X	X		X	X	X	X			
<i>Ephitemia turgida</i> var. <i>granulata</i>	X	X	X								
<i>Fragilaria crotonensis</i> var. <i>Crotonensis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>capitata</i>	X		X	X			X				
<i>Gomphonema acuminatum</i>	X	X	X			X	X	X	X		
<i>Gomphonema affine</i>	X	X	X			X	X	X	X		
<i>Nitzschia frustulum</i>	X	X		X	X	X	X	X			
<i>Synedra ulna</i>	X	X	X	X	X	X	X	X			
FEBRERO/99			EST.1			EST.2			EST.3		
ESPECIE	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO		
CHLOROPHYCEAE											
<i>Cosmarium subtumidum</i> var. <i>Subtumidum</i>	X		X				X				
<i>Gregiochloris lacustris</i>											
<i>Monoraphidium graffithii</i>											
<i>Oocystis marssonii</i>											
<i>Pandorina smithii</i>	X			X	X	X	X	X	X		
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>				X							
<i>Staurastrum sebaldi</i> var. <i>ornatum</i> f. <i>planctonica</i>			X								
EUGLENOPHYCEAE											
<i>Trachelomonas hispida</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Trachelomonas stokesiana</i>	X	X	X	X	X	X	X		X		
DINOPHYCEAE											
<i>Ceratium hirundinella</i>	X	X	X	X	X	X		X	X		
CYANOPHYCEAE											
<i>Anabaena</i> sp								X			
<i>Anabaena</i> cf. <i>portoricensis</i>	X		X	X	X	X	X	X			
<i>Microcystis protocystis</i>	X	X	X	X	X		X	X	X		
BACILLARIOPHYCEAE											
<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>Minutissima</i>	X	X	X		X	X	X	X			
<i>Asterionella formosa</i> var. <i>formosa</i>			X	X		X	X	X			
<i>Cymbella cistula</i>			X								
<i>Cocconeis oblonga</i>	X		X	X	X	X		X	X		
<i>Ephitemia turgida</i> var. <i>granulata</i>	X		X	X	X				X		
<i>Fragilaria crotonensis</i> var. <i>Crotonensis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>capitata</i>			X				X	X			
<i>Gomphonema acuminatum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Gomphonema affine</i>	X		X				X		X		
<i>Nitzschia frustulum</i>			X				X	X			
<i>Synedra ulna</i>	X	X	X								
MARZO/99			EST.1			EST.2			EST.3		
ESPECIE	SUP.	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO		
CHLOROPHYCEAE											
<i>Cosmarium subtumidum</i> var. <i>subtumidum</i>							X				
<i>Gregiochloris lacustris</i>	X				X						

Continuación tabla 2.

<i>Monoraphidium graffithii</i>									
<i>Oocystis marssonii</i>	X		X		X			X	
<i>Pandorina smithii</i>			X				X	X	
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>									
<i>Staurastrum sebaldi</i> var. <i>ornatum</i> f. <i>planctonica</i>	X		X						
EUGLENOPHYCEAE									
<i>Trachelomonas hispida</i>	X	X		X	X	X		X	X
<i>Trachelomonas stokesiana</i>	X	X	X	X	X	X			X
DINOPHYCEAE									
<i>Ceratium hirundinella</i>	X			X				X	
CYANOPHYCEAE									
<i>Anabaena</i> sp	X		X		X	X			
<i>Anabaena</i> cf. <i>portoricensis</i>	X		X	X	X	X		X	
<i>Microcystis protocystis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
BACILLARIOPHYCEAE									
<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i>		X		X		X	X	X	
<i>Asterionella formosa</i> var. <i>formosa</i>	X	X	X	X	X	X		X	X
<i>Cymbella cistula</i>		X			X			X	
<i>Cocconeis oblonga</i>				X		X			
<i>Ephitemia turgida</i> var. <i>granulata</i>				X					
<i>Fragilaria crotonensis</i> var. <i>crotonensis</i>	X	X	X	X		X	X	X	X
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>capitata</i>									
<i>Gomphonema acuminatum</i>	X	X	X					X	
<i>Gomphonema affine</i>									
<i>Nitzschia frustulum</i>		X	X		X	X			
<i>Synedra ulna</i>									X
ABRIL/99	EST.1			EST.2			EST.3		
ESPECIE	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO
CHLOROPHYCEAE									
<i>Cosmarium subtumidum</i> var. <i>subtumidum</i>									
<i>Gregiochloris lacustris</i>									
<i>Monoraphidium graffithii</i>									
<i>Oocystis marssonii</i>									
<i>Pandorina smithii</i>									
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>					X				
<i>Staurastrum sebaldi</i> var. <i>ornatum</i> f. <i>planctonica</i>									
EUGLENOPHYCEAE									
<i>Trachelomonas stokesiana</i>	X		X			X	X		
<i>Trachelomonas hispida</i>	X	X	X	X		X		X	X
DINOPHYCEAE									
<i>Ceratium hirundinella</i>		X	X			X		X	X
CYANOPHYCEAE									
<i>Anabaena</i> sp									
<i>Anabaena</i> cf. <i>portoricensis</i>						X	X		
<i>Microcystis protocystis</i>									
BACILLARIOPHYCEAE									
<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i>			X	X					
<i>Asterionella formosa</i> var. <i>formosa</i>									
<i>Cymbella cistula</i>	X	X		X					
<i>Cocconeis oblonga</i>									
<i>Ephitemia turgida</i> var. <i>granulata</i>		X							
<i>Fragilaria crotonensis</i> var. <i>crotonensis</i>	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>capitata</i>									



Continuación tabla 2

<i>Gomphonema acuminatum</i>			x						
<i>Gomphonema affine</i>									
<i>Nitzschia frustulum</i>									
<i>Synedra ulna</i>			x						
JUNIO/99	EST.1			EST.2			EST.3		
ESPECIE	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO
<b>CHLOROPHYCEAE</b>									
<i>Cosmarium subtumidum</i> var. <i>subtumidum</i>									
<i>Gregiochloris lacustris</i>									
<i>Monoraphidium graffithii</i>									
<i>Oocystis marsonii</i>				x					
<i>Pandorina smithii</i>									x
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>	x							x	
<i>Staurastrum sebaldi</i> var. <i>ornatum</i> f. <i>planctonica</i>									
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>									
<i>Trachelomonas stokesiana</i>			x	x	x	x		x	x
<i>Trachelomonas hispida</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>DINOPHYCEAE</b>									
<i>Ceratium hirundinella</i>			x	x	x	x	x	x	x
<b>CYANOPHYCEAE</b>									
<i>Anabaena</i> sp			x					x	
<i>Anabaena</i> cf. <i>portoricensis</i>									
<i>Microcystis protocystis</i>	x		x	x	x				
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>									
<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i>		x					x	x	x
<i>Asterionella formosa</i> var. <i>formosa</i>									
<i>Cymbella cistula</i>								x	
<i>Cocconeis oblonga</i>	x		x	x	x			x	x
<i>Ephitemia turgida</i> var. <i>granulata</i>									x
<i>Fragilaria crotonensis</i> var. <i>crotonensis</i>				x	x			x	
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>capitata</i>						x			
<i>Gomphonema acuminatum</i>					x			x	x
<i>Gomphonema affine</i>									
<i>Nitzschia frustulum</i>									
<i>Synedra ulna</i>									
JULIO/99	EST.1			EST.2			EST.3		
ESPECIE	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO	SUP	MEDIA	FONDO
<b>CHLOROPHYCEAE</b>									
<i>Cosmarium subtumidum</i> var. <i>subtumidum</i>				x					
<i>Gregiochloris lacustris</i>									
<i>Monoraphidium graffithii</i>									
<i>Oocystis marsonii</i>									
<i>Pandorina smithii</i>									x
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>				x					
<i>Staurastrum sebaldi</i> var. <i>ornatum</i> f. <i>planctonica</i>									
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>									
<i>Trachelomonas hispida</i>	x	x	x		x	x			x
<i>Trachelomonas stokesiana</i>						x	x	x	x
<b>DINOPHYCEAE</b>									
<i>Ceratium hirundinella</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>CYANOPHYCEAE</b>									
<i>Anabaena</i> sp									
<i>Anabaena</i> cf. <i>portoricensis</i>									

Continuación tabla 2

<i>Microcystis protocystis</i>					
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>					
<i>Achnanthes minutissima</i> var. <i>minutissima</i>					x
<i>Asterionella formosa</i> var. <i>formosa</i>					
<i>Cymbella cistula</i>	x			x	x
<i>Cocconeis oblonga</i>				x	
<i>Ephitemia turgida</i> var. <i>granulata</i>		x			
<i>Fragilaria crotonensis</i> var. <i>crotonensis</i>	x	x	x	x	
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>capitata</i>			x		
<i>Gomphonema acuminatum</i>					
<i>Gomphonema affine</i>					
<i>Nitzschia frustulum</i>					
<i>Synedra ulna</i>					

Dimensiones: células de 9 µm de diámetro, colonia de 97 µm.

Esta especie fue esporádica, para las tres estaciones de colecta. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

Orden DESMIDIALES  
Familia MESOTAENIACEAE

*Staurastrum sebaldi* (Rensch) var. *ornatum* f. *planctonica* (Lütterm) Teilim.

La hemicélula es triangular, con el margen ligeramente cóncavo entre los brazos; presenta un par de pequeñas pero conspicuas verrugas en el margen ventral de la base de los brazos; la base de la hemicélula está engrosada y presenta gránulos dentro de cada brazo. Dimensiones de la hemicélula 30 µm de largo x 65 µm de ancho (con brazos); ancho del istmo 9 µm.

Esta especie fue frecuente en las tres zonas. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

Familia DESMIDIACEAE

*Cosmarium subtumidum* Nordstedt in Wittrock & Nordstedt.

Células de 1 a 1.2 veces más largas que anchas; constricción media profunda, *sinus* cerrado, hemicélula semicircular, generalmente con el ángulo basal y apical redondeado, ápices trun-

cados. Hemicélulas circulares en vista lateral, en vista apical generalmente elípticas, ligeramente engrosadas en la región media. Cloroplasto con un pirenoide. Dimensiones de la célula: 23 x 19 µm.

Esta especie fue esporádica en las tres zonas. Registrada en este lago en superficie y fondo.

Clase EUGLENOPHYCEAE  
Orden EUGLENALES  
Familia EUGLENACEAE

*Trachelomonas stokesiana* Palmer.

Lórica esférica, fuertemente espiralada; presenta una pared fina, de color pardo y la cara superficial con estrías gruesas y anchas. En el ápice tienen un collarite chato, cónico y corto situado en la depresión apical de la célula. Dimensiones: 14 µm.

Esta especie fue frecuente en las tres zonas. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

*Trachelomonas hispida* (Perty) Stein emend. Deflandre.

Pared celular pardo-rojiza, finamente punteada, aunque a veces da la apariencia de estar lisa. Collarite corto o inexistente. Lórica elipsoidal, compacta, con espinas cortas, cónicas, muy agudas. Dimensiones: 25 x 20 µm.

Fue una especie frecuente, en las tres zonas. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

Clase DINOPHYCEAE  
Orden PERIDINIALES  
Familia CERATIACEAE

*Ceratium hirundinella* (O. F. Müller) Dujardin non Schrank.

Células poligonales. La lórica forma una epivalva que se estrecha formando un cuerno largo, justamente arriba del cíngulo. Cíngulo transversalmente estrecho. Cuerpo de la hipovalva ancho y corto, dividido en 2 a 3 cuernos posteriores. Placas gruesas con espículas finas. Dimensiones: 29 x 20 µm. Cuernos hipovalvares de 65 y 120 µm; cuerno epivalvar de 153 µm.

Fue una especie dominante en este lago, muy frecuente en las tres zonas. Registrada en toda la columna de agua.

Clase CYANOPHYCEAE  
Orden NOSTOCALES

*Anabaena* sp.

Tricomas uniformemente anchos un poco atenuados hacia los ápices. Presentan un heterocito generalmente intercalar. Los tricomas siempre semicirculares. Dimensiones: células de 5 µm de diámetro; heterocitos de 6 µm de diámetro.

Fue una especie frecuente en las tres zonas. Fue registrada en toda la columna de agua.

*Anabaena* cf. *portoricensis* Gardner.

Células esféricas, comprimidas en los polos. Usualmente las células terminales son más pequeñas que las restantes del tricoma y además anchamente cónicas. Los tricomas algunas veces presentaron heterocito. Hay una gran similitud morfológica de las poblaciones de Tonatiahua con las de *A. portoricensis* (Gardner, 1927) de Zempoala, sin embargo, Gardner (1927) describe las poblaciones reconocidas en Puerto Rico creciendo en canales, lo que no corresponde con

exactitud con las de Zempoala y Tonatiahua (*i.e.* planctónicas). Dimensiones: 6 de largo x 7 µm de ancho. Heterocito semiesférico 11 µm de largo y 10 µm de ancho.

Fue una especie frecuente en las tres zonas. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

Orden CHROOCOCCALES  
Familia CHROOCOCCACEAE

*Microcystis protocystis* Crow.

Colonias irregulares con un mucílago confluyente. Células numerosas, esféricas, de color verdeazul muy pálido; dispuestas a veces laxamente, a veces compactas. Dimensiones: células de 2 x 1 µm.

Fue una especie frecuente en las tres zonas. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

Clase BACILLARIOPHYCEAE  
Orden ACHNANTHALES  
Familia ACHNANTHACEAE.

*Achnanthes minutissima* Kützing.

Valva linear lanceolada, con los lados ligeramente convexos y los ápices redondeados, subrostrados. Las estrías son rectas en dirección a la rafe, pero en la valva con rafe, son radiales en el centro, y el área axial y central estrechas. Dimensiones: 9 x 3 µm.

Fue una especie frecuente en las tres zonas. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

*Cocconeis placentula* Ehrenberg var. *lineata* (Ehrenberg) Van Heurck

Valvas elípticas, rafe delgado, recto, área central pequeña, estrías punteadas y radiales. Dimensiones: 8 x 18 µm 22 estrías en 10 µm.

Fue una especie frecuente. Se observó en las tres zonas de colecta y de superficie a fondo.

Orden PENNALES  
Familia FRAGILARIACEAE

*Asterionella formosa* Hass.

Colonias con 6 células. Valvas lineares con ápices capitados, con la parte final unida al otro frústulo de la colonia. Pseudorafe muy estrecha, a menudo indistinguible. Dimensiones: 64 x 2 µm.

Fue una especie frecuente en el lago. Estuvo presente en las tres zonas. Registrada en toda la columna de agua.

*Fragilaria crotonensis* Kitton.

Frústulos gruesos en el centro y atenuadas al final. Los frústulos se unen en la porción media característica de la especie. Valvas linear-lanceoladas; ápice capitado, pseudorafe indistinta. El área central usualmente rectangular, extendida al margen de las valvas. Dimensiones: 74 x 3 µm, 8 estrías en 10 µm. Frecuentemente en colonias con 8 células.

Esta especie fue frecuente en las tres zonas. Fue registrada en toda la columna de agua del lago.

*Synedra ulna* Nitzsch.

Valvas solitarias. Frústulo linear, raramente cóncavo en la mitad, ligeramente atenuados en los ápices que son rostrados. Sin área central. Dimensiones: 72 x 2 µm, 19 estrías en 10 µm.

Esta especie fue frecuente en las tres zonas, registrada en toda la columna de agua.

Orden NAVICULALES

Familia NAVICULACEAE

*Cymbella cistula* (Hemprich et Ehrenberg) Kirchner.

Valvas arqueadas, dorsi ventralmente, ápices redondeados, área axial estrecha, linear, área central pequeña, redonda, rafe curvado en el área axial, estrías radiadas, punteadas. Dimensiones: 24 x 121 µm 8 estrías en 10 µm.

Fue una especie frecuente. Se observó en las tres zonas de colecta. Se registró de superficie a fondo.

*Gomphonema acuminatum* Ehrenberg.

Valva triondulada, ápice agudo, polo basal recto; rafe ligeramente sinuada, estrías radiales hacia el centro. El área central puede tener una o más estrías más cortas, con un estigma cerca del final de la estría media. Dimensiones: 55 x 15 µm, 9-10 estrías en 10 µm.

Fue una especie frecuente en las tres zonas. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

*Gomphonema affine* Kützing.

Valva lanceolada con un ápice obtuso. Área axial bien definida. La estría media corta. Estrías radiadas a lo largo de toda la valva, pero paralelas cerca de la base. Dimensiones: 60 x 13 µm; 12 estrías en 10 µm.

Fue una especie poco frecuente, estuvo presente en las tres zonas. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

*Frustulia rhomboides* (Ehr.) De Toni var. *capitata* (A. Mayer) Patrick.

Valva linear lanceolada con ápices claramente capitados. Costillas estrechas en el centro de la valva, encierran a una rafe angosta, ensanchada hacia el centro de la valva. Dimensiones: 41 x 11 µm; 25 estrías en 10 µm.

Fue una especie esporádica. Se presentó en las tres zonas. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

Familia NITZSCHIACEAE

*Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow in Cleve et Grunow Secc. (Lanceolatae).

Valvas lanceoladas, con ápices ligeramente alargados, agudos, redondeados y ligeramente capitados. En la parte media de la rafe, márgenes ligeramente cóncavos; estrías punteadas paralelas. Presentan un nódulo central evidente. Dimensiones: 22 x 4 µm, 16 estrías en 10 µm.

Su presencia fue esporádica en las tres zonas. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

Familia EPITHEMIACEAE

*Epithemia turgida* (Ehr.) var. *granulata* (Ehr.) Brun.

Valva linear casi recta o moderadamente convexa en el margen dorsal, margen ventral cóncavo. Ápices capitados en el lado dorsal de la valva. La rafe a menudo aparente y en la porción media de la valva está curvada hacia el margen dorsal. Dos o tres hileras de alvéolos entre costillas. Presenta 9 a 11 hileras de alvéolos en 10 µm, 4 a 6 costillas en 9 µm y 10 alvéolos en 1 hilera. Sus extremos están capitados. Dimensiones: 569 x 297 µm.

Fue una especie esporádica, se presentó en las tres zonas. Registrada en este lago en toda la columna de agua.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Dentro de la flora algal del lago Tonatiahua las clases Bacillariophyceae y Chlorophyceae presentaron el mayor número de especies, siendo, en cuanto a este parámetro, las dominantes durante todo el estudio; con menor número se encontraron las clases Euglenophyceae, Dynophyceae, Cyanophyceae y Chlamydomonadophyceae, los registros obtenidos para este trabajo coinciden con los datos registrados en el lago Zempoala, en donde se presenta también una dominancia de estas clases, atribuyéndose a las características propias de la zona (García-Rodríguez y Tavera, 1998), así mismo, los resultados de los factores físicos y químicos coinciden de manera general con los obtenidos en este trabajo y el realizado en el lago Zempoala.

Se considera que la información obtenida en este estudio sobre la flora algal reconocida, así como los datos obtenidos de las condiciones físicas que se presentaron en el lago Tonatiahua puede ser útil para trabajos posteriores, como referencia para estudios de sistemas lénticos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Rosa L. Tavera, por su ayuda incondicional en el reconocimiento de las especies y a todas aquellas personas que colaboraron en el trabajo de campo e hicieron posible la realización de este manuscrito.

## REFERENCIAS

- Bonilla, B. J. (1992). *Flora y vegetación acuática vascular de las Lagunas de Zempoala, Morelos México*. Tesis Maestría Facultad de Ciencias. UNAM.
- García, E. (1990). Carta IV.4.1 (A) y IV.4.10 (A.B.). *Atlas Nacional de México, 1990*. Instituto de Geografía, UNAM. Vol. II Naturaleza.
- García-Rodríguez y Tavera, S. R. L. (1998). Fitoplancton del lago Zempoala. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 63:85-100.
- García-Rodríguez, J. y R. Tavera. (2002). Phytoplankton composition and biomass in a shallow monomictic tropical lake. *Hydrobiologia*. 467:91-98.
- Gardner, N. L. (1927). New Myxophyceae from Porto Rico. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 7: 44 pp.
- Geitler, L. (1932). Cyanophyceae. In: *Rabenhorst's Krypt.-Fl.* Akad. Verlagsges. Leipzig. 14: 1196 pp.
- Hernández-Becerril, D. U. y M. I. Tapia. (1987). Ecología del fitoplancton primaveral de superficie en el lago de Tequesquitengo, Morelos, México. *Revista Biol. Trop.* 35(1):31-39.
- Hubber-Pestalozzi, G. (1955). Euglenophyceen. Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Die Binnengewässer. Thienemann, A. Vol. 4, *Stuttgart*. 1135 pp.
- Komárek, J. y Fott, B. (1983). Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung: Chlorococcales. Das Phytoplankton des Süßwasser, Systematik und biologie. Hubber-Pestalozzi, G. Vol. 7. Teil, I, Band XVI Die Binnengewässer, Stuttgart, E. Schwizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 1044 pp.
- Krammer, K. y Lange-Bertalot, H. (1988). *Bacillariophyceae 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. Band 2/ 2. Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Pascher, A; Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H.; Mollenhauer, D. (Eds.) Stuttgart. Gustav Fischer Verlag. 596 pp.

- Krammer, K. y Lange-Bertalot, H. (1991)a. *Bacillariophyceae* 3. *Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Band 2/3. Die Süßwasserflora von MittelEuropa. Pascher, A.; Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H.; Mollenhauer, D. (Eds.). Stuttgart, Gustav Fischer Verlag. 576 pp.
- Krammer, K. y Lange-Bertalot, H. (1991)b. *Bacillariophyceae* 4. *Achnantaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Gesamtliteraturverzeichnis*. Teil 1-4. Die Süßwasserflora von MittelEuropa. Pascher, A.; Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H.; Mollenhauer, D. (Eds.) Stuttgart. Gustav Fischer Verlag. 437 pp.
- López-García, J. (1990). Carta IV.7.1. *Atlas Nacional de México*. 1990. Instituto de Geografía, UNAM. Vol II Naturaleza.
- Miranda, F. y Hernández, E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 28: 29 - 179
- Patrick, R. y Reimer, C. W. (1966). *The Diatoms of the United States*. Vol. 2, Part 1 Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 688 pp.
- Popovsky, J. y Pfister, A. L. (1990). *Süßwasserflora von MittelEuropa. Dinophyceae (Dinoflagellida)*. Pascher, A.; Ettl, H.; Gerloff, J.; Heyning, H.; Mollenhauer, D. (Eds.) Stuttgart. Gustav Fischer Verlag. 270 pp.
- Prescott, G. W. (1962). *Algae of the Western Great Lakes Area*. Revised Edition. Dubuque, Iowa. W.M.C. Brown Co. Pub. 977 pp.
- Prescott, G. W., Bicudo, C. E. D. y Vinyard, W. C. (1982). *A synopsis of North American Desmids*. Part II. Desmidiaceae: Placodermae. Section 4. Lincoln, Univ. of Nebraska Press. 700 pp.
- Prescott, G. W., Croasdale, H. T., Vinyard, W. C. y Bicudo, C. E. (1981). *A Synopsis of North American Desmids*. Part. I. Desmidiaceae: Placodermae. Section 3. Lincoln and London. Univ. of Nebraska Press. 720 pp.
- Rushforth, S. R., Kaczmarska, I. y Johansen, J. R. (1984). The subaerial diatom flora of Thurston Lava Tube, Hawaii. *Bacillaria* 7:135-157.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. (1979). *Síntesis Gráfica y Descriptiva*. Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Parques Nacionales. México, D. F.
- Starmach, K. (1985). *Süßwasserflora von MittelEuropa. Chrysophyceae und Haptophyceae*. Pascher A., Ettl H., Gerloff J., Heyning H. y Mollenhauer, D. (Eds.) Stuttgart. Gustav Fischer Verlag. 515 pp.