

Limnología del Lago Petén Itzá, Guatemala

Manuel Basterrechea Díaz

Proyecto Regional de Manejo de Cuencas, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Avenida Reforma 8-60 zona 9, Edificio Galerías Reforma, Oficina 114, Guatemala, Guatemala.

(Recibido el 19 de febrero de 1987)

Abstract: Limnological studies of Guatemalan lakes are scarce. Since 1978, flooding caused by increasing of lake Petén Itzá water level has been a serious problem. This lake is warm monomictic with thermocline around 20 meters and with a maximum depth of 60 m. Stratification lasts from February to November. Water chemical characteristics since 1969 to 1985 were subject to a preliminary investigation. Calcium doubled since 1975, the rest of ions remained constant. Probably, the increase of calcium was related with the plugging of the groundwater outflow, which causes the increasing of the water level. Sulfate was the main anion. *Lynghya* and *Mycrocystis* were the dominant algae in 1969 and 1983, respectively.

Desde 1978, el nivel de agua del lago Petén Itzá (16 55' N y 89 53' W) ha venido aumentando, lo cual ha provocado inundaciones en los poblados localizados a su alrededor (Fig. 1). No es la primera vez que ocurre este fenómeno (la última vez en 1937). MacLaren Plansearch Inc. (1981) mencionaron que los Mayas no construyeron estructuras abajo de 117.90 msnm, probablemente basados en los niveles dejados por inundaciones anteriores. Sin embargo, los daños materiales, el peligro a la salud y el desalojo de personas ha sido mayor en esta última inundación. De varias soluciones, la de descargar superficialmente el agua del lago al río San Pedro requiere una inversión muy alta, la de reasentar las viviendas inundadas no ha sido aceptada por los habitantes, y cualquier medida requerirá estudios multidisciplinarios.

El agua subterránea es el elemento más importante en el balance hídrico, debido a que el lago no tiene entrada o salida superficial de importancia. Por ello, el aumento de nivel está relacionado con el relativamente constante y localizado (noroeste) caudal de salida subterránea, debido probablemente a la poca permeabilidad en el fondo. El lago está en capacidad de darle salida a un caudal limitado, el cual es función

de la permeabilidad del fondo, a su vez influido por el comportamiento de las calizas. Al presentarse varios años lluviosos (en los últimos años, la precipitación ha sido 10% mayor que la promedio), hace que en el balance hídrico aumente el caudal de salida, limitado por la permeabilidad del fondo en los sitios de descarga, y el agua no puede ser evacuada. Esto provoca inundaciones: en septiembre de 1979, el nivel fue de 110.50 msnm (sept. 1981: 113.35 msnm, nov. 1984: 113.93 msnm y ene. 1985: 113.76 msnm).

El lago Petén Itzá está localizado en las tierras bajas del Petén (110 msnm). Es de origen cárstico, a diferencia de la mayoría de lagos en las tierras altas de Guatemala (mayor de 970 msnm) que son de origen volcánico (Basterrechea 1987). Hay alta pluviosidad (promedio de 1730 mm/año, ámbito 970-2600 mm/año). Debido a la alta temperatura promedio todo el año (24.3 C, ámbito 15-37 C), la evaporación alcanza un valor similar a la precipitación. La humedad relativa es del 78% (55-91%).

Al norte del lago (110 msnm y 100 km² existen elevaciones de 180 msnm y al sur de 114 msnm. La cuenca (alrededor de 1200 km²) tiene una topografía cárstica y predominan los

CUADRO 1

Características físicas y químicas del agua superficial del lago Petén Itzá

(1 = Conductividad eléctrica en umho/cm a 25°C, 2 = sólidos en Solución en mg/l, 3 = suma de cationes en miliequivalentes/litro, 4 = suma de aniones y 5 = Porcentaje de sodio soluble).-

Sitio del muestreo	PH	CE ¹	SS ²	CAT ³	ANI ⁴	CA ⁺⁺	MG ⁺⁺	NA ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	% S.S. ⁵	Fecha
1 Flores (1)	8.3	485	-	4.43	-	1.99	2.10	0.31	0.07	-	-	0.29	2.29	7.00	07/69
2 El Cruce	8.1	520	426	3.36	6.00	1.21	1.73	0.34	0.08	0.73	0.71	1.10	3.54	10.12	04/74
3 Flores	8.1	500	399	3.21	4.77	1.18	1.52	0.41	0.10	0.36	0.77	0.52	3.12	12.77	07/74
4 Flores	8.1	540	375	4.15	4.22	1.84	1.78	0.48	0.05	0.49	0.77	0.59	2.32	11.57	11/74
5 Flores	8.1	550	486	6.78	6.52	3.59	2.76	0.39	0.04	0.55	2.35	0.25	3.37	5.75	05/75
6 Flores	7.8	500	370	5.46	4.84	2.70	2.35	0.37	0.04	0.00	1.55	0.22	3.17	6.78	11/75
7 Flores (2)	8.3	-	-	5.18	-	3.15	1.62	0.35	0.06	-	-	-	-	6.77	09/83
8 Relleno	7.7	501	308	4.79	4.61	3.44	1.02	0.27	0.06	0.54	2.39	0.26	1.42	5.64	04/85
9 El Remate	7.9	516	308	5.15	4.58	3.01	1.77	0.31	0.06	0.12	1.68	0.28	2.50	6.02	04/85
10 San José	8.1	523	360	5.25	4.94	3.01	1.87	0.31	0.06	0.49	1.34	0.38	2.73	5.90	04/85

(1) Datos de BREZONIK Y FOX (1974)

(2) Datos de GRANELI (1983)

Los datos restantes son de DIRYA-DIGESA.-

suelos calizos (Fig. 1). La deforestación es alta en las áreas cercanas al lago y predomina el cultivo del maíz.

El lago Petén Itzá ha sido poco estudiado limnológicamente. El objetivo de esta investigación es contribuir a recopilar la información básica para tomar decisiones correctas en los aspectos relacionados con la inundación, salud pública y usos del agua. Se estudian las características físicas, químicas y biológicas.

MATERIAL Y METODOS

El oxígeno disuelto fue estimado con medidor de oxígeno YSI. La temperatura con termistor y la transparencia con disco de Secchi.

Las muestras fueron tomadas con una botella Van Dorn, colocadas en bolsas de polietileno y en los análisis se siguieron los procedimientos del *Standard Methods* de 1980 (ídem para iones).

RESULTADOS

En junio de 1985, el lago mostró una estratificación bien definida, con la termoclina localizada alrededor de los 20 m. La Figura 2 muestra un gradiente de temperatura de 3.4 C, entre 17.5 y 22.5 m. La diferencia entre la superficie y los 30 m fue de 5.0 C. La estratificación (evidente por la diferencia en el contenido de oxígeno disuelto) se dio a pesar de la poca diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo. La causa debe ser que los cambios de densidad son grandes, debido a las altas temperaturas y a la protección del lago del viento (sobre todo en la parte norte).

En la Figura 2 se muestra el perfil del oxígeno disuelto, que tiene el mismo comportamiento.

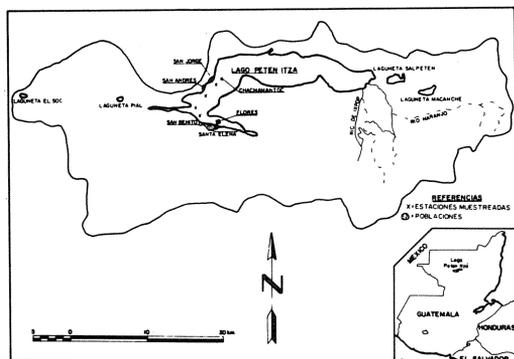


Fig. 1. Lago Petén Itzá y su cuenca.

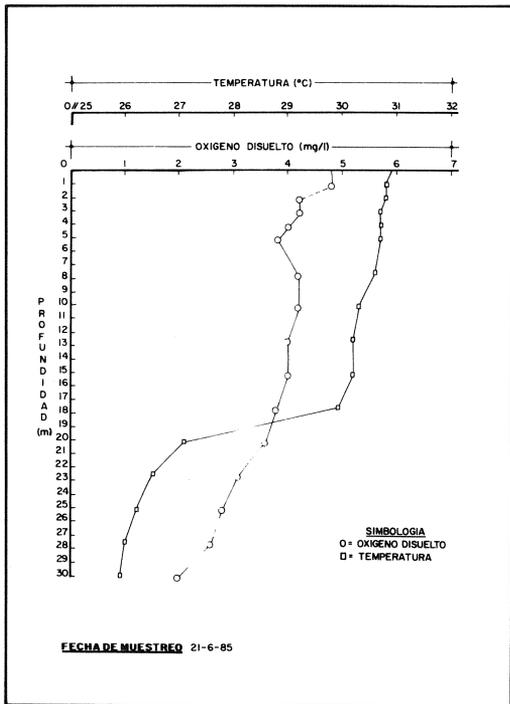


Fig. 2. Perfiles de temperatura y oxígeno disuelto del Lago Petén Itzá en la Estación Chacmamantoc el 21 de junio de 1985.

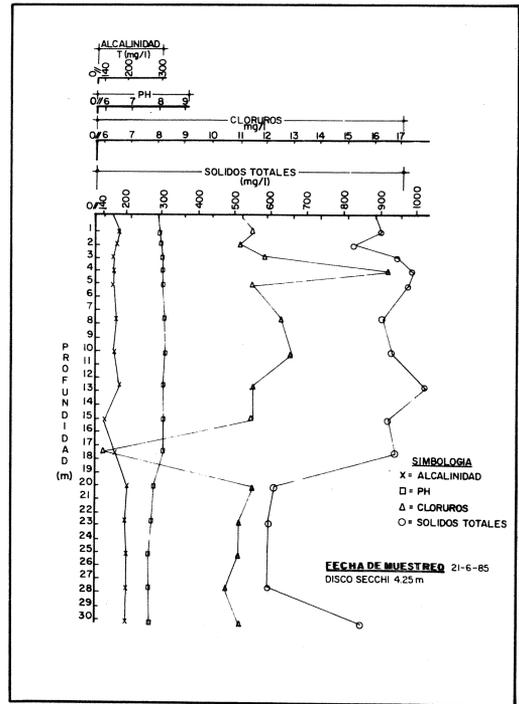


Fig. 3. Perfiles de pH, alcalinidad, cloruros y sólidos totales del Lago Petén Itzá en la Estación Chacmamantoc el 21 de junio de 1985.

to que la temperatura. Las concentraciones en la superficie fueron bajas (5.0 mg/l) y a 30 metros se midió 2.0 mg/l. En junio de 1985, la transparencia fue de 4.25 metros.

Todos los iones principales tenían concentraciones importantes, sin embargo, el sulfato, calcio y magnesio fueron los dominantes. En el Cuadro 1 están las características químicas del agua del lago. El pH fue alcalino en todas las muestras (7.7-8.3). Los valores de conductividad fueron altos, alrededor de 500 $\mu\text{mho/cm}$. El pH (Fig. 3) no varió entre 0 y 17.5 m (alrededor de 8.1). Entre los 17.5 y 20 m bajó considerablemente hasta alcanzar un valor de 7.6 a 30 m. Los valores de alcalinidad hasta los 17.5 m fueron alrededor de 170 mg/l y aumentaron a 200 mg/l a 20 m, valor que permaneció hasta los 30 m. Los sólidos totales también mostraron diferencias a los 17.5 m. De valores entre 900 y 1000 mg/l de 0 a 17.5 m, pasaron a 600 mg/l a 30 m. Los cloruros no presentaron ningún comportamiento definido.

DISCUSION

La profundidad máxima del lago se cree que es de 60 m. Brezonik y Fox (1974) mencionaron una profundidad máxima de 32 m. Sin embargo, en el muestreo del 21 de junio de 1985 se alcanzaron profundidades de 30 m a escasos 300 m de la orilla. Las profundidades encontradas en los lagos cársticos son relativamente pequeñas, por lo tanto, si 60 m fuese la profundidad máxima, ésta sería sorprendente (Planas, comm. pers.).

En julio de 1969, Brezonik y Fox (1974) informaron de una diferencia de 4.0 C entre 0 y 32 metros y la termoclina se encontró a 25 m. En junio de 1985, fue a 20 m. Probablemente la termoclina en junio se encuentra alrededor de los 20 m, en julio alrededor de los 25 m y la tendencia es seguir bajando hasta llegar al fondo, cuando empieza el período de mezcla, posiblemente en noviembre. En junio de 1985 hubo valores de oxígeno disuelto en la superficie más

CUADRO 2

Concentraciones de nutrientes en el lago Petén Itzà en UG/L.

Sitio del Muestreo	N Total	NH ₃ - N	NH ₄ - N	NO ₂ - N	NO ₃ - N	P Total	PO ₄ - P	Fecha	Fuente
Flores	580	70	—	0.1	10	10	4	07/69	Brezonik y Fox (1974).
Flores	390	—	15	—	—	22	1	09/83	Graneli (1983): Com. pers.

bajos que los de julio de 1969 (5.0 y 7.7 mg/l, respectivamente). Sin embargo, a 30 m se encontró el mismo valor (2.0 mg/l). El lago podría ser clasificado preliminarmente como cálido monomíctico y permanecería estratificado la mayor parte del año como otros lagos en Guatemala (Basterrechea 1986). La transparencia fue de 4.25 m. Este valor es intermedio entre el lago eutrófico de Amatitlán (alrededor de 2.50 m) y el oligotrófico de Atilán, con valores mayores de 15 m (Basterrechea 1986).

Los valores de conductividad son intermedios entre los informados por Basterrechea (1987) para algunas lagunas de Guatemala. Hasta 1974, el magnesio fue el catión dominante, de 1975 a la fecha, el calcio ha sido el dominante. Este cambio se debió a que las concentraciones de calcio se duplicaron, pues las del magnesio y otros iones fluctuaron poco. Posiblemente, el aumento del calcio a partir de 1975 tiene alguna relación con el taponamiento de las salidas de agua subterránea y por consiguiente con el aumento del nivel del lago. Sin embargo, esta hipótesis habrá que probarla mejor. El sulfato fue el anión dominante durante todo el período.

En Cuadro 2 muestra las concentraciones de nutrientes según Brezonik y Fox (1974). El Ortofosfato apareció en concentraciones muy bajas. La razón nitrógeno/fósforo fue mayor de 20, característico de lagos oligotróficos en Guatemala (lago Atilán). La concentración de amonio fue alta debido posiblemente a las descargas de aguas residuales domésticas. La asimilación de nitratos por las algas en la superficie y denitrificación en el fondo posiblemente reduce la concentración de nitratos (Brezonik y Fox 1974).

Microcystis fue el alga dominante en septiembre en 1983 (Graneli 1983). Brezonik y Fox (1974) informaron 2,111 *Microcystis*/ml en julio de 1969, sin embargo, *Lyngbya* fue el

alga dominante (12,217 ind./ml). Otras especies, en 1969 y en 1983, fueron *Dinobryon*, *Peridinium*, *Cosmarium* y *Staurastrum*.

Revisando preliminarmente los principales indicadores de la eutrofización como el oxígeno disuelto, transparencia, nutrientes y especies de algas, se concluye que el lago está en el ámbito mesotrófico-oligotrófico. Sin embargo, existe contaminación puntual proveniente de las descargas de aguas negras por los poblados, lo que fue evidente por la presencia de lirios acuáticos en las zonas de descarga.

Un seguimiento limnológico es necesario para llegar a conocer el comportamiento del lago, así como los cambios a que está siendo sometido (fluctuación del nivel del lago y contaminación). Debido a la importancia que el agua subterránea tiene en su comportamiento, es prioritario localizar las entradas y salidas de agua, determinar las características físicas, químicas y biológicas y los sedimentos.

RESUMEN

El objetivo de este estudio es la interpretación preliminar de las características físicas, químicas y biológicas del lago, de 1969 a 1985, con el propósito de buscar alguna relación con el aumento del nivel del agua del lago.

El lago es cálido monomíctico, estratificado posiblemente de febrero a noviembre, con termoclina alrededor de los 20 metros en junio. El catión dominante de 1969 a 1974 fue el magnesio y de 1975 a la fecha el calcio. Este cambio fue debido a que los valores de calcio se duplicaron; los valores de magnesio y de los otros iones fluctuaron muy poco. Este aumento del calcio posiblemente esté relacionado con el aumento del nivel del lago, debido al taponamiento de las salidas del fondo. El sulfato fue el

anión principal durante todo el período. *Lyngbya* y *Microcystis* fueron las algas dominantes en 1969 y 1983, respectivamente.

REFERENCIAS

- Basterrechea, M. 1986 (1987). Limnología del Lago de Amatitlán, Guatemala. Rev. Brasil. Biol. 46:461-468.
- Basterrechea, M. 1987. Caracterización limnológica preliminar de 32 lagunas en Guatemala. Rev. Biol. Trop. 36(1): 115-122.
- Brezonik, P.I. & J.L. Fox. 1974. The Limnology of selected Guatemalan lakes. Hydrobiologia 45: 467-487.
- MacLaren Plansearch Inc. 1981. Investigation into causes of increase in water levels of lake Petén Itzá, Guatemala. Sin publicar.