

ESTUDIO LIMNOLOGICO CALIDAD DEL AGUA Y PLANCTON LAGUNA EL PINO

Carlos Galindo¹, María Colmenares¹,
Kelder Ortiz², Thylma Chamorro², Gerson Urtecho² -Honduras-

RESUMEN. El presente estudio realizado en el curso de Limnología de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos ERIS, tiene como principal objetivo determinar la situación de la laguna El Pino ubicada en el municipio de Barberena en el departamento de Santa Rosa, Guatemala. Para el estudio de calidad de agua y plancton se tomaron 6 puntos de muestreo tomando como base los puntos utilizados en un estudio realizado en el 2007 en el mismo lugar. La determinación del estado trófico de la Laguna El Pino, no puede ser tomada como definitiva pues el número de muestreos realizados y los resultados obtenidos durante el presente estudio son limitados. Sin embargo puede considerarse como, un cuerpo de agua con inicios de eutrofización, por el aumento o proliferación de las algas (*Hydrilla verticillata*) y plantas acuáticas, así como también el aumento en los niveles de nutrientes y una leve reducción en su volumen de almacenamiento.

PALABRAS CLAVE: Laguna, plancton, análisis, físico, biológico, transparencia, oxígeno disuelto, temperatura.

This study conducted in the course of Limnology Regional School of Sanitary Engineering and Water Resources ERIS, represents an effort to determine the status of the Laguna el Pino located in the municipality of Barberena in the department of Santa Rosa, Guatemala. For the study of water quality and plankton were taken 6 points based sampling points used in a study conducted in 2007 in the same place. The determination of trophic status of the Laguna El Pino, can not be taken as definitive because the number of samples taken and results achieved during the present study are limited. However, it can be considered as a body of water early eutrophication, the increase or proliferation of algae (*Hydrilla verticillata*). and aquatic plants, as well as increased nutrient levels and a slight reduction in storage volume. **KEY WORD:** Lagoon, plankton, analysis, physical, biological, transparency, dissolved oxygen, temperature.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio realizado en el curso de Limnología de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos ERIS, tiene como principal objetivo determinar el estado de la Laguna en cuanto a calidad de agua y plancton, dicha laguna está ubicada en el municipio de Barberena en el departamento de Santa Rosa.

Esta laguna surgió al colapsar un volcán, formándose en el cráter. En el pasado, la cuenca de la laguna fue utilizada para el cultivo del café. Situación que todavía se da en parte de su cuenca.

Según Castañeda (1995), se considera que la laguna El Pino está muy eutrofizada. Las causas de su deterioro se deben a la eliminación de desechos del beneficio de café. Su principal uso es para el turismo, la pesca y como agua doméstica. Las principales estrategias de recuperación son el dragado y remoción de vegetación, y el evitar la eliminación de desechos.

En términos generales una laguna es un cuerpo natural de agua en una hondonada de terreno, se caracteriza por tener un área menor de 10 kilómetros cuadrados. Este lugar posee una importancia turística por su belleza, además tiene una importancia económica, biológica y científica por la diversidad de sus recursos. Es además refugio de fauna silvestre, pesca artesanal, cultivos regionales, reservorios para agua potable y riego, siendo principalmente el fundamento para el ciclo hidrológico de la región.

Por tal motivo en este trabajo se investigó el grado de eutrofización de la laguna. Para ello se hicieron 5 muestreos en 6 puntos diferentes de la laguna. Posteriormente se llevaron las muestras de agua al Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria

“Dra. Alba Tabarini Molina”, ERIS, Facultad de Ingeniería de la Universidad San Carlos de Guatemala (USAC) en donde se hizo el análisis correspondiente de los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y de plancton. Estos resultados fueron discutidos y con ellos se determinaron las condiciones actuales que presenta la laguna. Por último se determinaron las conclusiones obtenidas de la ejecución del trabajo.

METODOLOGIA

La metodología se desarrolló en tres etapas: fase de campo, fase de laboratorio y fase de gabinete final. La fase de campo consistió en una visita inicial al área con el objetivo de reconocer las condiciones actuales de la laguna, por medio de un sondeo visual y se determinó que se iban a trabajar seis puntos de muestreo. Estos puntos fueron los utilizados en el estudio realizado por los alumnos del curso de Limnología del año 2007. En la Figura 1 se puede observar el mapa de ubicación de la laguna El Pino, así como la ubicación de los 6 puntos de muestreo.

En cada una de las visitas realizadas se ubicó cada uno de los puntos de muestreo en la laguna utilizando para ello el GPS al ubicar las coordenadas que fueron dadas. Luego utilizando la sonda electromagnética se hicieron las mediciones para la determinación de pH, Temperatura, Oxígeno disuelto, Conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y salinidad. También utilizando el disco SECCHI se midió la transparencia. Por último se recolectó un volumen de muestra de un galón de agua para análisis físico químico. También se tomaron al final 6 muestras para sus respectivos análisis físico-químico, bacteriológico y determinación de plancton. Las muestras fueron llevadas al laboratorio y puestas inmediatamente en refrigeración

para su posterior análisis en un lapso no mayor de 24 horas.

La fase de laboratorio consistió en realizar los análisis químicos, físicos y de plancton a cada muestra para todas las muestras captadas conforme al análisis físico-químico y bacteriológico. Dichos análisis incluyen la medición de los siguientes parámetros: turbiedad, color aparente y color real, alcalinidad, fosfatos, sulfatos, nitratos, cloruros, dureza total, magnesio, calcio, y coliformes totales y fecales.

Una vez hecho el análisis de laboratorio se tabularon los resultados y se compararon, para después proceder a la discusión de resultados y elaboración de gráficas de correlación correspondiente.

Para el estudio de plancton se efectuaron 3 muestreos en 6 puntos diferentes de la laguna. Para cada punto se procedió a filtrar un volumen de muestra haciendo pasar la red sobre la superficie del agua. El volumen de muestra se depositó en el recipiente colector de la red. Este volumen se trasladó a un recipiente de polietileno, identificado con la inicial P (plancton) y la inicial de cada punto (P1, P2, P3...). A la muestra colectada se le agregaron de 1 a 2 gotas de lugol y se procedió a colocar la tapa del frasco y a cubrirlo totalmente con papel aluminio para evitar la exposición a la radiación del sol. Cuando no fue utilizada la red, la muestra fue tomada directamente haciendo pasar varias veces el frasco de polietileno sobre la superficie del agua. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio para la posterior identificación de especímenes.

RESULTADOS

A continuación se muestran las tablas resúmenes de los cinco muestreos realizados en los seis puntos de evaluación de la laguna.

El Cuadro 1, muestra en resumen los resultados de campo que se realizaron en los seis diferentes puntos de la laguna. Se realizó un análisis de parámetros estadísticos como media, valor máximo, valor mínimo y desviación estándar. Se destaca de la tabla en mención los siguientes valores: Transparencia media 1.5m; Temperatura media superficial 27.4 °C, Oxígeno Disuelto (OD) mínimo 3.2 mg/l

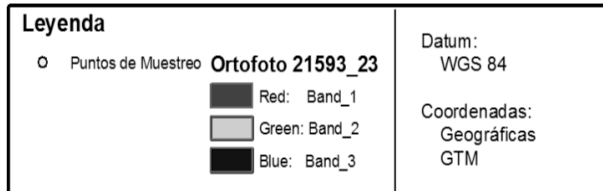
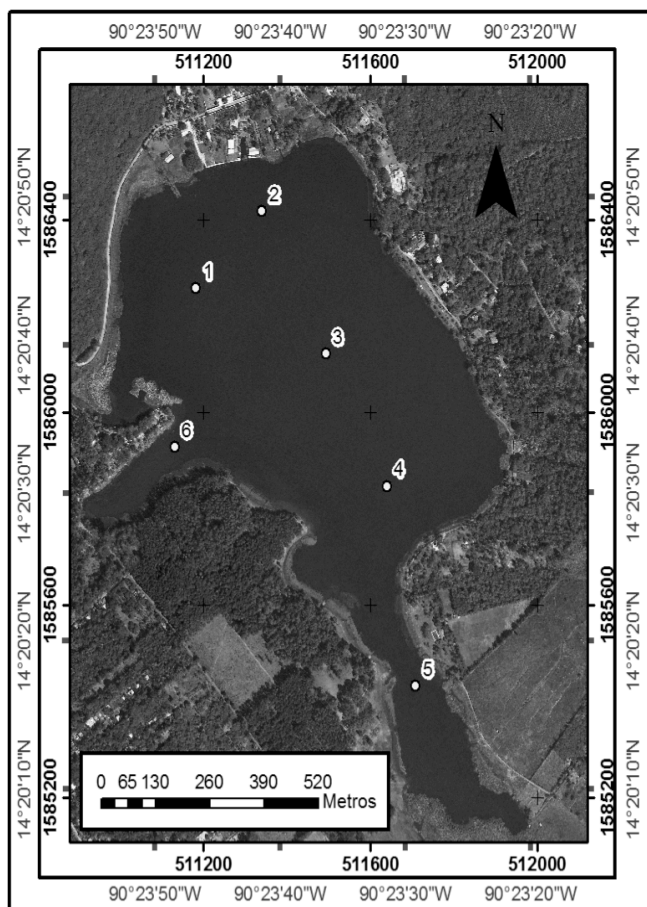


Figura 1. Mapa de ubicación de la Laguna El Pino y los 6 puntos de muestreo (Escala 1:24,000).

Cuadro 1 Resumen Análisis In-Situ Punto de Muestreo 1 (Coordenadas GTM 511094, 1586239)

Análisis F-QQ		Número de Muestro				Parámetros Estadísticos				
Parámetro	Unidad	Prof (m)	1	2	3	4	Media	Mínimo	Máximo	Desv. Estand. (Sx)
Trans.	M		1.00	1.83	1.22	1.93	1.495	1.000	1.930	0.455
Temp.	°C	0	27.07	27.92	27.56	27.28	27.458	27.070	27.920	0.368
		1	26.54	27.50	27.12	27.26	27.105	26.540	27.500	0.408
		2	25.36		26.35	26.50	26.070	25.360	26.500	0.619
		3				26.78	26.780	26.780	26.780	
OD	mg/l	0	3.92	4.04	4.58	4.33	4.218	3.920	4.580	0.297
		1	3.67	3.95	3.74	3.75	3.778	3.670	3.950	0.120
		2	3.86		3.79	3.40	3.683	3.400	3.860	0.248
		3				3.24	3.240	3.240	3.240	

El Cuadro 2, representa el resumen de los muestreos In-Situ tomado en el punto de recolección número dos de la laguna, en donde se puede destacar como valores representativos los siguientes: Transparencia media 1.3 m; Temperatura media superficial 27.7 °C, OD mínimo 2.9 mg/l.

Cuadro 2 Resumen Análisis In-Situ Punto de Muestreo 2 (Coordenadas GTM 511341, 1586417)

Sitio Muestreo 2											
Análisis F-QQ		Prof. (m)	Número de Muestro					Parámetros Estadísticos			
Parámetro	Unidad		1	2	3	4	5	Med.	Mín.	Máx.	(Sx)
Tran.	M		0.50	1.77	1.15	1.40	1.63	1.290	0.500	1.770	0.500
Temp.	°C	0	27.53	28.17	27.87	27.48	27.72	27.754	27.480	28.170	0.280
		1	27.11	27.54	27.45	27.34	27.24	27.336	27.110	27.540	0.169
		2	25.85	27.10	27.15	26.58	27.09	26.754	25.850	27.150	0.556
		3				26.53	27.04	26.785	26.530	27.040	0.361
OD	mg/l	0	6.50	5.70	6.86	4.24	6.40	5.940	4.240	6.860	1.039
		1	4.88	4.55	4.85	3.58	6.27	4.826	3.580	6.270	0.964
		2	4.16	4.42	4.15	3.17	5.88	4.356	3.170	5.880	0.976
		3				2.91	5.41	4.160	2.910	5.410	1.768

El Cuadro 3, representa el resumen de los muestreos In-Situ tomado en el punto de recolección número tres de la laguna, en donde se pueden destacar como valores representativos los siguientes: Transparencia media 2.4 m; Temperatura media superficial 27.1 °C, OD mínimo 0.69 mg/l.

Cuadro 3 Resumen Análisis In-Situ Punto de Muestreo 3 (Coordenadas GTM 511494, 1586121)

Sitio Muestreo 3											
Análisis F-QQ		Prof. (m)	Número de Muestro					Parámetros Estadísticos			
Parámetro	Unidad		1	2	3	4	5	Med.	Mín.	Máx.	(Sx)
Trans.	M		1.40	3.42	2.91	2.30	2.18	2.442	1.400	3.420	0.766
Temp.	°C	0	27.15	27.73	27.99	27.30	27.70	27.574	27.150	27.990	0.342
		1	27.00	27.20	27.29	26.99	27.26	27.148	26.990	27.290	0.143
		2	26.60	27.10	27.17	26.67	27.09	26.926	26.600	27.170	0.269
		3	26.57	26.75	27.08	26.61	27.03	26.808	26.570	27.080	0.236
		4	26.34	26.20	27.04	26.58	26.98	26.628	26.200	27.040	0.375
		5	25.97	25.90	26.35	26.53	26.32	26.214	25.900	26.530	0.268
		6		25.10	25.27	25.96	25.35	25.420	25.100	25.960	0.375
OD	mg/l	0	9.33	5.94	4.18	4.81	6.98	6.248	4.180	9.330	2.029
		1	6.32	4.85	3.56	3.72	6.89	5.068	3.560	6.890	1.502
		2	4.90	4.43	3.32	2.89	6.92	4.492	2.890	6.920	1.582
		3	4.43	4.08	3.11	2.69	6.56	4.174	2.690	6.560	1.508
		4	4.26	3.65	3.05	2.48	6.25	3.938	2.480	6.250	1.453
		5	3.98	3.16	2.92	2.36	0.82	2.648	0.820	3.980	1.176
		6		2.55	2.32	2.14	0.69	1.925	0.690	2.550	0.840

El Cuadro 4, representa el resumen de los muestreos In-Situ tomado en el punto de recolección número tres de la laguna, en donde se pueden destacar como valores representativos los siguientes: Transparencia media 2.3 m; Temperatura media superficial 27.2 °C, OD mínimo 0.77 mg/l.

Cuadro 4 Resumen Análisis In-Situ Punto de Muestreo 4 (Coordenadas GTM 511640, 1585846)

Sitio Muestreo 4											
Análisis F-QQ		Prof. (m)	Número de Muestro					Parámetros Estadísticos			
Parámetro	Unidad		1	2	3	4	5	Med.	Mín.	Máx.	(Sx)
Trans.	M		2.25	2.86	2.09	1.80	2.28	2.256	1.800	2.860	0.388
Temp.	°C	0	27.20	27.49	28.17	27.19	27.77	27.564	27.190	28.170	0.415
		1	26.90	27.56	27.71	26.94	27.23	27.268	26.900	27.710	0.362
		2	26.83		27.22	26.62	27.11	26.945	26.620	27.220	0.272
		3	26.75		27.05	26.57	27.03	26.850	26.570	27.050	0.232
		4	26.29			26.52	26.61	26.473	26.290	26.610	0.165
		5				26.33	26.26	26.295	26.260	26.330	0.049
		6				25.61		25.610	25.610	25.610	
OD	mg/l	7				25.96		25.960	25.960	25.960	
		0	5.82	7.75	4.65	3.58	6.88	5.736	3.580	7.750	1.673
		1	4.80	5.64	3.44	3.10	7.32	4.860	3.100	7.320	1.716
		2	4.42		3.17	2.85	7.29	4.433	2.850	7.290	2.022
		3	4.10		3.04	2.71	6.35	4.050	2.710	6.350	1.644
		4	3.98			2.57	3.63	3.393	2.570	3.980	0.734
		5				2.49	0.77	1.630	0.770	2.490	1.216
		6				2.16		2.160	2.160	2.160	
7				1.90		1.900	1.900	1.900			
7				0.09							

El Cuadro 5, representa el resumen de los muestreos In-Situ tomado en el punto de recolección número tres de la laguna, en donde se puede destacar como valores representativos los siguientes: Transparencia media 1.3 m; Temperatura media superficial 27.6 °C, OD mínimo 0.85 mg/l.

Cuadro 5 Resumen Análisis In-Situ Punto de Muestreo 5 (Coordenadas GTM 511709, 1585431)

Sitio Muestreo 5											
Análisis F-QQ		Prof. (m)	Número de Muestro					Parámetros Estadísticos			
Parámetro	Unidad		1	2	3	4	5	Med	Mín	Máx.	(Sx)
Trans.	M		1.50	0.81	1.41	1.75	1.30	1.354	0.810	1.750	0.346
Temp.	°C	0	27.27	28.55	28.03	26.57	27.68	27.620	26.570	28.550	0.752
		1	26.90	27.50	27.50	26.60	26.64	27.028	26.600	27.500	0.446
		2	25.90		26.29	25.85	25.24	25.820	25.240	26.290	0.434
		3			25.10	25.70	23.00	24.600	23.000	25.700	1.418
OD	mg/l	0	6.65	7.65	4.85	5.85	7.67	6.534	4.850	7.670	1.210
		1	5.60	6.60	4.02	4.00	10.13	6.070	4.000	10.130	2.524
		2	5.34		3.92	3.48	1.19	3.483	1.190	5.340	1.722
		3			3.25	2.91	0.85	2.337	0.850	3.250	1.299

El Cuadro 6, representa el resumen de los muestreos In-Situ tomado en el punto de recolección número tres de la laguna, en donde se puede destacar como valores representativos los siguientes: Transparencia media 1.6 m; Temperatura media superficial 28.3 °C, OD mínimo 3.3 mg/l.

Cuadro 6 Resumen Análisis In-Situ Punto de Muestreo 6 (Coordenadas GTM 511132, 1585927)

Sitio Muestreo 6											
Análisis F-QQ		Prof. (m)	Número de Muestro					Parámetros Estadísticos			
Parámetro	Unidad		1	2	3	4	5	Med.	Min.	Máx.	Sx
Trans.	m		1.77	1.74	1.50	1.69	1.20	1.580	1.200	1.770	0.237
Temp.	°C	0	27.64	29.06	28.46	28.19	28.12	28.294	27.640	29.060	0.520
		1	26.85	27.75	26.75	27.17	27.28	27.160	26.750	27.750	0.396
		2	26.40	26.83	26.92	26.30	27.01	26.692	26.300	27.010	0.321
		3	25.93	25.97	26.70	26.20		26.200	25.930	26.700	0.354
OD	mg/l	0	6.40	6.20	4.25	5.14	8.33	6.064	4.250	8.330	1.534
		1	5.28	5.30	3.68	4.32	9.20	5.556	3.680	9.200	2.149
		2	4.89	5.05	3.59	3.90	6.62	4.810	3.590	6.620	1.189
		3	4.51	3.93	3.32	3.43		3.798	3.320	4.510	0.544

El Cuadro 7, representa el resumen de los valores medios, de los diferentes parámetros físico-químicos y bacteriológicos realizados en los seis puntos de muestreo en la laguna, durante todo el período del monitoreo.

Para propósitos de interpretación y comparación de resultados, se destacan valores clave como indicadores los siguientes: Nitrógeno Total 0.77 mg/l; Fosforo Total 0.31 mg/l; Nitratos 13.74 mg/l; Fosfatos 0.61 mg/l; Coliformes Fecales 120.46 NM/1000 cm³. Estos valores representan la media aritmética de los seis puntos de muestreo, esto con el intento de homogenizar la caracterización de la calidad del agua de la laguna como un todo.

Cuadro 7 Resumen Análisis en Laboratorio

Tabla Resumen										
Análisis Físico - QQ y Microb.		Puntos de Muestreo						Parámetros Estadísticos		
Parámetro	Unidad	1	2	3	4	5	6	Med	Min	Máx
Color	unidades	8.60	9.60	9.00	8.60	12.60	8.75	9.53	8.60	12.60
Turbiedad	UNT	1.77	1.64	1.80	1.94	2.77	1.93	1.97	1.64	2.77
Potencial de hidrógeno (pH)	unidades	7.38	7.31	7.20	7.15	7.30	7.49	7.31	7.15	7.49
Nitrógeno total (N)	mg/l	0.75	0.60	0.50	0.95	1.15	0.65	0.77	0.50	1.15
Fósforo total (P)	mg/l	0.40	0.26	0.31	0.30	0.31	0.30	0.31	0.26	0.40
Nitrógeno amoniacal	mg/l	0.14	0.33	0.13	0.54	0.66	0.25	0.34	0.13	0.66
Amoníaco (NH ₃)	mg/l	0.18	0.40	0.15	0.66	0.80	0.30	0.41	0.15	0.80
Amonio (NH ₄)	mg/l	0.19	0.42	0.16	0.70	0.85	0.32	0.44	0.16	0.85
Nitratos (NO ₃)	mg/l	11.00	14.17	15.95	15.75	14.78	10.78	13.74	10.78	15.95
Fosfatos (PO ₄)	mg/l	0.65	0.55	0.38	0.50	0.49	1.11	0.61	0.38	1.11
Sulfatos (SO ₄)	mg/l	0.80	1.80	1.00	0.60	1.40	1.50	1.18	0.60	1.80
Cloruros	mg/l	7.58	8.75	9.00	8.80	8.85	8.63	8.60	7.58	9.00
Sólidos suspendidos (SS)	mg/l	0.69	0.49	0.50	0.77	2.87	1.33	1.11	0.49	2.87
DQO	mg/l	24.00	26.00	10.00	19.00	16.50	11.00	17.75	10.00	26.00
DBO ₅	mg/l	8.10	14.90	1.98	13.80	13.10	9.60	10.25	1.98	14.90
Coliformes totales	NMP/100 cm ³	1190.28	1038.48	1095.28	1190.28	1414.42	1370.85	1216.60	1038.48	1414.42
Coliformes fecales	NMP/100 cm ³	5.60	13.93	8.95	29.63	649.25	15.42	120.46	5.60	649.25

En el Cuadro 8 se presentan los principales géneros de plancton encontrados para los diferentes puntos de estudio.

Cuadro 8 Géneros de plancton encontrados en la laguna El Pino.

Parámetro: Plancton			Puntos					
No	Géneros/Especímenes	Tipo de plancton	1	2	3	4	5	6
1	<i>Anabaena sp.</i>	Fitoplancton						
2	<i>Chroococcus sp.</i>	Fitoplancton						
3	<i>Cyclotella sp.</i>	Fitoplancton						
4	<i>Gomphosphaeria sp.</i>	Fitoplancton						
5	<i>Oocystys sp.</i>	Fitoplancton						
6	Espécimen de Copepoda	Zooplancton						
7	Espécimen de Myxomycota	Zooplancton						
8	Espécimen de Rotatoria	Zooplancton						

Cuantitativamente, se presenta en el cuadro 9 la frecuencia real y la frecuencia relativa para cada espécimen.

Cuadro 9 Frecuencia relativa para las especies de plancton encontradas en la laguna El Pino.

Parámetro: Frecuencia real y Frecuencia relativa				
No	Géneros/Especímenes	Tipo de plancton	F	FR
1	<i>Anabaena sp.</i>	Fitoplancton	0.50	0.14
2	<i>Chroococcus sp.</i>	Fitoplancton	0.50	0.14
3	<i>Cyclotella sp.</i>	Fitoplancton	0.33	0.09
4	<i>Gomphosphaeria sp.</i>	Fitoplancton	0.33	0.09
5	<i>Oocystys sp.</i>	Fitoplancton	0.83	0.23
6	Espécimen de Copepoda	Zooplancton	0.67	0.18
7	Espécimen de Myxomycota	Zooplancton	0.17	0.05
8	Espécimen de Rotatoria	Zooplancton	0.33	0.09

F = frecuencia real expresada en unidades
FR = frecuencia relativa expresada en unidades.

Cualitativamente, en el Cuadro 10 se muestran los resultados de la clasificación de los géneros de fitoplancton determinados según los criterios de Terrell & Bytnar

Cuadro 10 Criterios de clasificación del plancton.

Parámetro: Plancton	Criterios de clasificación de fitoplancton *						
	A	B	C	D	E	F	G
Géneros/Especímenes							
<i>Anabaena sp.</i>							
<i>Chroococcus sp.</i>							
<i>Cyclotella sp.</i>							
<i>Gomphosphaeria sp.</i>							
<i>Oocystys sp.</i>							

*Según los criterios de Terrell & Bytnar

A = Algas generadoras de olor
B = Algas propias de aguas contaminadas
C = Algas propias de aguas retenidas
D = Algas Propias de agua limpia
E = Algas que crecen sobre paredes
F = Algas planctónicas y de aguas superficiales
G = Algas propias de estuarios contaminados

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se realizó un análisis de los parámetros indicadores de la calidad del agua de la laguna, tales que, permitiesen la comparación con tablas de valores característicos de cuerpos de agua oligotróficos o eutróficos, así mismo, dichos valores se compararon con un estudio previo realizado en la laguna El Pino, en el 2007.

El análisis de calidad del agua y su comparación se realizó por separado para los parámetros considerados In-Situ y por otro lado los análisis de laboratorio.

Los parámetros determinados In-Situ fueron seis, de los cuales se han seleccionado tres de ellos (transparencia, temperatura y oxígeno disuelto), los cuales son los más representativos tomando en cuenta que el propósito es la determinación del grado de Eutrofización de la laguna y la comparación con estudios previos. Los valores de temperaturas fueron tomados en campo mediante sondeos de profundidad a cada metro en los seis puntos de la laguna. Durante el periodo comprendido de los cinco muestreos, se tabularon los valores y se determinó la media aritmética de ellos, logrando así obtener una caracterización de las diferentes temperaturas a diferentes profundidades.

Las temperaturas medias superficiales en los seis puntos muestreados tanto en el año 2007 como en la actualidad, oscilan entre los 27.5 °C y 28.5 °C. Hasta una profundidad de 2 metros se mantiene el rango de las temperaturas de 26 °C a 27.5 °C, salvo el punto de muestreo número cinco que presenta una reducción de hasta 24.5 °C en la actualidad. En el año 2007 se registró una reducción de 22.5 °C. Los puntos 3 y 4; que son los más profundos, reducen la temperatura después de los 5 metros de profundidad en el presente estudio mientras que en el año 2007 esta reducción se presentó a los 4 metros de profundidad-.

En cuanto al oxígeno disuelto, también tomado en campo mediante sondeos de profundidad a cada metro en los seis puntos de la laguna, se puede mencionar que los valores medios del OD en la superficie, se encuentran entre los rangos de 5.8 mg/l a 6.5 mg/l. Con la excepción del punto 1; con un valor medio de 4.3 mg/l, mientras que en el año 2007 los valores medios del OD en la superficie, se encuentran entre los rangos de 4.0 mg/l a 5.0 mg/l. El comportamiento de la reducción del OD a mayor profundidad, posee una similar tendencia entre los puntos 2, 3, 4 y 6. A diferencia de los puntos 1 y 5. El punto 5, que posee una reducción brusca de OD, a diferencia del resto, es uno de los sitios más poblados de algas y tules, situación que favorece el consumo de OD. En el 2007 la reducción del OD después de los dos metros de profundidad es fue muy notable llegando a nivel mínimos 0 a 1 mg/l.

La transparencia fue tomada en campo mediante el uso del disco Secchi en los seis puntos de la laguna. El punto 1 es el que posee menor transparencia y es además uno de los sitios con mayor población de Tul al igual los puntos 5 y 6 que poseen poca transparencia, debido a dos diferentes condiciones; población de Tul y Algas. En los

puntos 3 y 4, los cuales son los más profundos y están ubicados al centro de la laguna, poseen mayor transparencia. En el 2007, al igual que en el presente estudio, el punto 1, 5 y 6 son los que poseen menor transparencia y son además uno de los sitios con mayor población de Tul y los puntos 2, 3 y 4, que son los más profundos y están ubicados al centro de la laguna, poseen mayor transparencia.

Los parámetros determinados en laboratorio fueron diecisiete, de los cuales se han seleccionado cinco de ellos (Coliformes Fecales, Nitratos, Fosfatos, Nitrógeno Total, Fosforo Total), estos son los más representativos tomando en cuenta que el propósito es la determinación del grado de Eutrofización de la laguna y la comparación con estudios previos.

Con respecto a los valores de coliformes fecales puede destacar aspectos tales como: El punto 5, presenta el valor más alto en toda la laguna, alcanzando hasta valores mayores de 600 NMP/100cm³.

Los valores medios aritméticos del parámetro de Coliformes fecales tomados en campo en un estudio previo realizado en el año 2007 por alumnos del curso de limnología se pueden resumir de la siguiente forma: El punto 5, presenta el valor más alto en toda la laguna, alcanzando hasta valores mayores de 400 NMP/100 cm³. La causa probable de esta situación es quizás debido a las actividades ganaderas que se realizan en el perímetro y además de actividades antropogénicas como lavado de ropa y otras de tipo recreativas.

Los niveles de fosfatos, fosforo total y nitrógeno total actualmente en la laguna se encuentran por debajo de 1.00 mg/l y los valores de nitratos, se maximizan hasta valores arriba de los 13.00 mg/l en los seis puntos muestreados. Mientras que los valores que fueron tomados en campo en el año 2007 no superan el valor de 2.0 mg/l en ninguno de los puntos muestreados.

En el caso de fitoplancton, las claves dicotómicas disponibles pudieron hacer posible la determinación hasta género, mientras que, para zooplancton solo se establecieron los grupos más generales (*phylum* o clase).

En un estudio anterior del año 2003 aparecen referidos 5 géneros de fitoplancton, de los cuales existe concordancia con 3 de los encontrados en el presente trabajo (*Oocystis*, *Gomphosphaeria* y *Anabaena*). Los otros géneros mencionados en el estudio son *Sphaerocystis* y *Meridion*. Respecto a zooplancton no aparece ninguna cita de géneros o especímenes.

Se puede apreciar que de los 5 géneros de fitoplancton determinados, 3 pertenecen a la división *Cyanophyta* (cianobacterias o algas verde azules). Estas microalgas fueron encontradas en todos los puntos de muestreo. Esta distribución espacial se puede explicar debido a su característica de poder fijar nitrógeno atmosférico mediante reducción del N₂ a NH₄⁺. Por ello es que su desarrollo no depende de la presencia de nitrógeno (aunque sí dependen del fósforo existente), lo que les permite subsistir tanto en medios deficientes de este elemento o bien en aquellos sistemas con altas concentraciones.

La *cyanophyta Anabaena*, encontrada en los puntos 1, 5 y 6, merece especial atención debido a que es considerada como indicadora de un deterioro de la calidad del agua. Este género está catalogado como propio de aguas contaminadas, y debido a que también produce metabolitos tóxicos y fuertemente olorosos contribuye también a la polución de los cuerpos lénticos. *Anabaena*, que presentó en la laguna una frecuencia de 0.50 (3 de 6 puntos) y una frecuencia relativa de 0.14, puede encontrarse en aguas cuyos rangos de pH estén entre 6.2 y 9.1 y conductividad de 173 μS/cm.

El género *Oocystis* presenta la mayor frecuencia dentro de la laguna con un valor de 0.83, habiéndose observado en 5 de los 6 puntos muestreados. Esta alga *Chlorophyta* se asocia a aguas ricas en nutrientes y altas relaciones nitrógeno/fósforo. Para el caso de la laguna en todos los puntos la concentración de nitrógeno es mayor que el fósforo, siendo más alta en el punto 5. Es por esto que también en este punto se encontró una mayor diversidad de géneros.

Las *chrysophyta Cyclotella* están asociadas con aguas no contaminadas encontrándose con una menor frecuencia en la laguna. Su hábitat es el fondo (perifiton) o cualquier superficie rígida, cuando aparecen asociadas al plancton son señal inequívoca de muestras tomadas en sistemas lénticos de poca profundidad. Esto explica porque fue encontrado como parte del plancton.

De los especímenes de zooplancton, el que presentó mayor frecuencia fue el perteneciente al orden *Copepoda*, un tipo de crustáceo microscópico cuyo hábitat fue localizado en las orillas de la laguna.

La Laguna El Pino puede considerarse como un cuerpo de agua con inicios de eutrofización, por el aumento o proliferación de las algas (*Hydrilla verticillata*) y plantas acuáticas, así como, también el aumento en los niveles de nutrientes y una leve reducción en su volumen de almacenamiento.

Cuadro 11 Valores límite para un sistema concreto de clasificación trófica

Categoría Trófica	P Total μg/l	Chl Med. μg/l	Chl Máx. μg/l	Med. de Secchi (m)	Mín. de Secchi (m)
Ultra oligotrófico	< 4,0	< 1,0	< 2,5	>12,0	>6,0
Oligotrófico	< 10,0	< 2,5	< 8,0	> 6,0	>3,0
Mesotrófico	10-35	2,5- 8,0	5-25	6-3	3-15
Eutrófico	35-00	8-25	25-75	3,0-1,5	1,5-0,7
Hipereutrófico	> 100	>25	> 75	<1,5	<0,7

El valor promedio de fósforo y nitrógeno total para toda la laguna El Pino se encontró en 310 μg/l y 770 μg/l respectivamente. El valor promedio de transparencia (disco Secchi) en 1,74 m. Por tanto la laguna El Pino se clasifica como laguna eutrófica.

CONCLUSIONES

Respecto al parámetro de temperatura, la comparación de los resultados actuales con los obtenidos en el año 2007, se muestran bastante similares en sus valores y comportamientos. Importante acotar que ambos estudios se realizaron en los mismos meses de marzo a junio.

El oxígeno disuelto medido en el presente estudio revela nivel mayores tanto en la superficie como en el fondo del lago. Así mismo el gradiente de estratigráfico es menor en relación al estudio realizado en el 2007.

La transparencia media registrada en el presente estudio es menor a la encontrada en el 2007, oscilando el valor alrededor de 0.50 m. La mayor diferencia considerable se observa en el punto 2, el cual en el 2007 registró un valor medio de 2.8m hasta 1.3m en el 2010.

Los valores de Coliformes Fecales han sufrido un incremento sustancial con un valor de aproximadamente 200 NMP/1000 cm³, en el punto 5 comparando el valor del año 2007 con los valores medios encontrados en el 2010.

Se observa un aumento superlativo de los valores de nitratos encontrados en el año 2007 con relación a los del año 2010, en aproximadamente 12 a 14 mg/l.

BIBLIOGRAFÍA

- CASTAÑEDA SALGUERO, C. 1995. Sistemas Lacustres de Guatemala, Recursos que Mueren. Editorial universitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 190 pp
- COLE, G.A. 1083, Textbook of Limnology. The C.V. Mosby Company. St. Luis, 3rd. Edition
- Coloma López, SA. 2000. Caracterización de la diversidad acuática de la laguna de Calderas, ubicada en el municipio de Amatitlán, Departamento de Guatemala. Tesis Licenciado en Acuicultura. Guatemala. Universidad de San Carlos. Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA). 70 p. Departamento de Ecología, Genética y Evolución. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-Universidad de Buenos Aires. 2006. Limnología: Guía de Trabajos Prácticos 2006. Argentina: Universidad de Buenos Aires.
- Dawes, C. 1986. Botánica marina. Editorial Limusa. México. 673 p.
- Fontúrbel Rada, F. Sin fecha. Evaluación preliminar de la calidad hídrica mediante indicadores fisicoquímicos y biológicos, en la bahía de Cohana, Lago Titikaka, departamento de La Paz, Bolivia (en línea). Bolivia, Sucre. Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. 13 p. Disponible en: <http://cabierta.uchile.cl/revista/28/articulos/pdf/paper2.pdf>
- González, A. 1988. El plancton de las aguas continentales. Serie de Biología. Monografía No.33. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, Estados Unidos. 130 p.
- Inventario Nacional de los Humedales de Guatemala/Editores Margareth Dix, Juan F. Fernandez, San Jose Costa Rica-Mesoamérica: CONAP: Usac, 2001, 176 pp.
- Komarek, J & Hauer, T. 2010. The on-line database of cyanobacterial genera (en línea). University of South Bohemia, Faculty of Science, České Budějovice; Academy of Sciences; Institute of Botany, Třeboň. Czech Republic. Disponible en: <http://www.cyanodb.cz/>
- Monge, D. (2006). Parámetros físico – químicos a evaluar en estudios limnológicos y eutrofización. (Curso de Limnología). Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.
- Much, Z. (2010). Notas de Curso Limnología. (Curso de Limnología). Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.
- Oyadomari, JK. 2008. Images of freshwater algae and protozoa from the Keweenaw Peninsula, Michigan (en línea). Estados Unidos. Disponible en: <http://www.keweenawalgae.mtu.edu/>
- Ramírez, A & Viña, G. 1998. Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y Estadística de Análisis. BP Exploration Company. Colombia. 293 p.
- Ramirez, J. J. (1982). El Fitoplancton: Métodos de muestreo, concentración, recuento y conservación. Barcelona.
- Ringuelet, R. 1962. Ecología acuática continental. Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA). 138 p.
- Sistema Integrado de Información Faunística y Florística Cantábrico (SINFLAC). 2010. Naturaleza, Flora y Fauna Cantábrica (en línea). SINFLAC. España. Disponible en: <http://www.asturnatura.com/>
- Terrell Ch & Bytnar, P. 1989. Water Quality Indicators Guide: Surface Waters (en línea). United States Department of Agriculture (USDA). Soil Conservation Service (SCS). Estados Unidos. 164 p. Disponible en: http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/eric_docs2sql/content