

## ÍNDICE DEL ESTADO TRÓFICO DE LA LAGUNA DE CALDERAS, AMATITLÁN, GUATEMALA

**Luis Gabriel García Ramos**

Ingeniero Civil, M.Sc. Ingeniería Sanitaria, ERIS-USAC, Guatemala  
Ambiente y Desarrollo, asesor principal en agua y saneamiento  
Dirección para recibir correspondencia: [lgabriel\\_05@hotmail.com](mailto:lgabriel_05@hotmail.com)

Recibido 31 de julio de 2014 Aceptado 17 de octubre de 2014

### RESUMEN.

Este artículo presenta los resultados de la evaluación, a escala de campo y laboratorio, del estado trófico de la laguna de Calderas, en los años 2002, 2004, 2011 y 2014. La laguna de calderas en el año 2002 tenía un índice del estado trófico (TSI) de 39 lo que la ubicaba en estado oligotrófico y en el año 2014 se presentó un índice de 44 con lo cual se encuentra en estado mesotrófico. Con base a las características presentadas en los años 2002, 2004, 2011 y 2014 se determinó que el oxígeno disuelto se reduce un 20%, debido a erupciones volcánicas, al crecimiento poblacional, el cual aporta mayor generación de aguas residuales, producto del lavado de ropa y generación de desechos sólidos.

PALABRAS CLAVES. Desechos sólidos, acuicultura, recursos hídricos.

### ABSTRACT.

This article presents the results of the evaluation, field and laboratory scale, the trophic state of the lagoon of Calderas, in 2002, 2004, 2011 and 2014. Lagoon boilers in 2002 had an index of trophic status (TSI) of 39 which stood at the oligotrophic state and in 2014 was presented with an index of 44 which is in mesotrophic state. Based on the characteristics presented in the years 2002, 2004, 2011 and 2014 was determined that dissolved oxygen 20% is reduced due to volcanic eruptions, population growth, which provides increased generation of wastewater, wash product clothing and solid waste generation.

KEYWORDS. *Solid waste, aquaculture, water resources.*

## INTRODUCCIÓN

Laguna de Calderas, corresponde a la clasificación de Laguna y está ubicada en las aldeas Humitos, Mesillas Bajas y Mesillas Altas, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.

Las instituciones que se encargan de velar por el bienestar de esta laguna son:

- El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
- El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), el Comité de Protección de la Laguna.
- La Municipalidad de Amatitlán.
- El Instituto Nacional de Electrificación (INDE)

- El Instituto Nacional de Bosques (INAB).

Las variables consideradas para realizar el análisis de la calidad del agua de la laguna fueron oxígeno disuelto, Ph, conductividad eléctrica, DQO, DBO, turbiedad, nitratos, nitritos, color y lectura de disco Secchi las cuales de acuerdo con el índice del estado trófico de Carson (1977) son las principales variables empleadas para medir el estado trófico de un cuerpo de agua.

En las visitas de campo se tomó mediciones a través de los siguientes equipos: disco Secchi (Prueba de transparencia), equipo para medir parámetros físico-químicos de campo (pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, salinidad y

temperatura) y recipientes plásticos para recolectar muestras compuestas.

### DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

De acuerdo a la hoja cartográfica No. 2059, el nombre oficial para este cuerpo de agua es: Laguna de Calderas, conocida localmente por el mismo nombre. Corresponde a la clasificación de Laguna y está ubicada en las aldeas Humitos, Mesillas Bajas y Mesillas Altas, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala. Para llegar a la Laguna de Calderas se toma la carretera CA9 que conduce hacia los municipios de Palin y Escuintla. Al llegar al kilómetro 37.50 debe cruzar hacia la derecha rumbo hacia el municipio de San Vicente Pacaya (8 Km.). Debe continuar el trayecto hasta llegar a la aldea de San Francisco de Sales (10 Km.). Esta laguna se encuentra ubicada a 3 kilómetro de la aldea de San Francisco de Sales.

Grafica I. Localidad Laguna de calderas



Fuente: IGN. / Sin escala

### INSTITUCIONALIDAD

Las instituciones que se encargan de velar por el bienestar de esta laguna son:

- El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
- El Consejo Nacional de Áreas Protegidas, el Comité de Protección de la Laguna.
- La Municipalidad de Amatitlán.
- El Instituto Nacional de Electrificación

- El Instituto Nacional de Bosques

### METODOLOGÍA

Consistió en una campaña de monitoreo de la calidad de transparencia y calidad de agua, durante el año 2014 y revisión de los resultados de los años 2002, 2004 y 2011 de estudios realizados en el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, Dra. Alba Tabarini Molina.

Las variables consideradas para realizar el análisis de la calidad del agua de la laguna fueron oxígeno disuelto, Ph, conductividad eléctrica, DQO, DBO, turbiedad, nitratos, nitritos, color y lectura de disco Secchi las cuales de acuerdo con el índice del estado trófico de Carson (1977) son las principales variables que son empleadas para medir el estado trófico de un cuerpo de agua.

Tabla II. Escala de valores del estado trófico en cuerpos de agua

Estado de eutrofia	TSI	D <sub>s</sub> (m)	P <sub>i</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Clorf a (mg/m <sup>3</sup> )
Oligotrófico (TSI < 30)	0	64	0.75	0.04
	10	32	1.5	0.12
	20	16	3	0.34
	30	8	6	0.94
Mesotrófico (30 < TSI < 60)	40	4	12	2.6
	50	2	24	6.4
	60	1	48	20
Eutrófico (60 < TSI < 90)	70	0.5	96	56
	80	0.25	192	154
	90	0.12	384	427
Hipereutrófico (90 < TSI < 100)	100	0.06	768	1183
Relación de los parámetros de eutrofización.	$\frac{TSI_{DS}}{2}$	$2 \times TSI_{P_r}$	$\sqrt{7.8} TSI_{Clorfa}$	

Fuente: Carson (1977, 1980)

En las visitas de campo se tomó mediciones a través de los siguientes equipos: disco Secchi (Prueba de transparencia), equipo para medir parámetros físico-químicos de campo (pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, salinidad y temperatura) y recipientes plásticos para recolectar muestras compuestas. Esto se llevó a cabo utilizando lanchas de remo para poderse movilizar a los diferentes puntos del área de la laguna. Posteriormente se realizó el análisis físico-químico de las muestras de agua tomadas en campo en el

laboratorio unificado de Química y Microbiología Sanitaria —Dra. Alba Tabarini Molina.

### PROCEDIMIENTO

Se establecieron 3 puntos de medición identificados en la gráfica I y se realizó el procedimiento de la siguiente:

- A cada muestra, por cada metro, se tomó lectura de los parámetros físico - químicos de campo: pH, Conductividad, Oxígeno disuelto, sólidos totales, Temperatura y Salinidad.
- Se midió la transparencia del agua por medio del disco Secchi.
- Se midió la profundidad de la laguna.
- Con los datos de los diferentes años se calculó un promedio de cada parámetro para poder realizar una comparación anual.
- Se graficaron y compararon los datos obtenidos en el año 2014 con los datos de los años 2002, 2004, y 2011 para verificar el comportamiento de la laguna a través de los años.

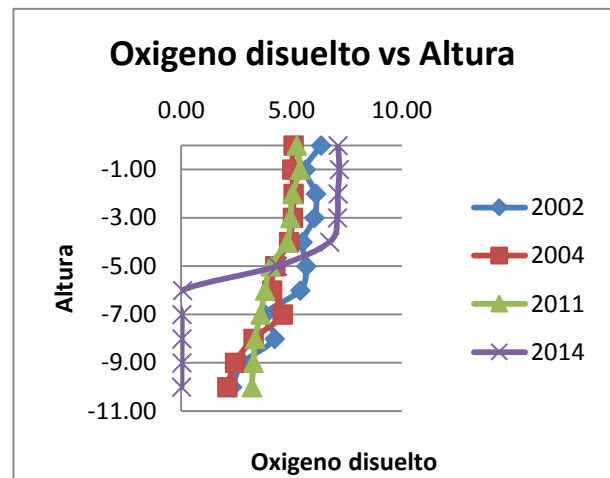
### RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los resultados de la comparación de los años 2002, 2004, 2011 y 2014 de la laguna de Calderas se muestran y se grafican a continuación:

Oxígeno disuelto mg/l				
Profundidad (M)	Año			
	2002	2004	2011	2014
-8.00	4.23	3.28	3.35	0.03
-9.00	2.80	2.44	3.28	0.02
-10.00	2.30	2.08	3.20	0.02

Fuente: Elaboración propia

Grafica III. Oxígeno disuelto



Fuente: Elaboración propia

Tabla III. Oxígeno disuelto

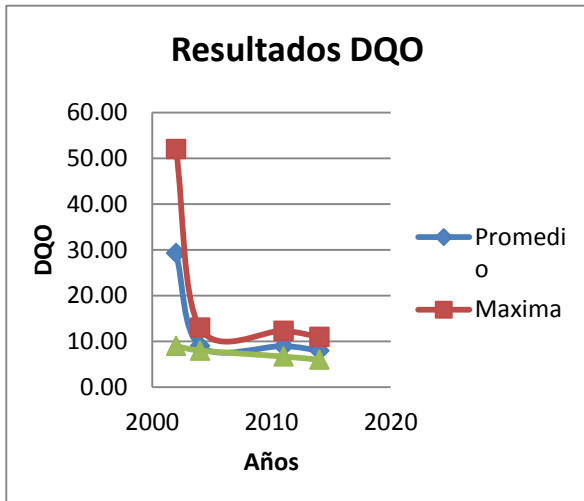
Oxígeno disuelto mg/l				
Profundidad (M)	Año			
	2002	2004	2011	2014
0.00	6.33	5.09	5.24	7.11
-1.00	5.63	5.02	5.37	7.17
-2.00	6.10	5.09	5.04	7.11
-3.00	6.03	5.05	4.95	7.08
-4.00	5.50	4.88	4.79	6.73
-5.00	5.67	4.26	4.05	4.36
-6.00	5.40	4.12	3.80	0.06
-7.00	3.80	4.60	3.60	0.03

Tabla IV. Demanda Química de Oxígeno

Muestras analizadas en laboratorio				
Resultados				
Parámetro	Año	promedio	Máximo	Mínimo
DQO	2002	29.33	52.00	9.00
DQO	2004	9.00	13.00	8.00
DQO	2011	8.98	12.30	6.70
DQO	2014	8.00	11.00	6.00

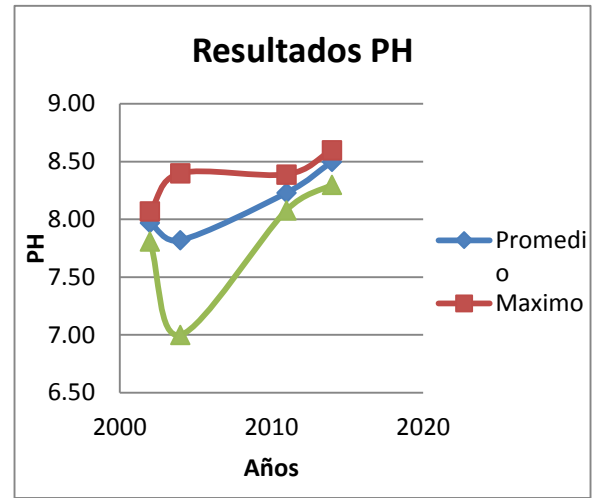
Fuente: Elaboración propia

**Grafica III. Demanda Química de Oxígeno**



Fuente: Elaboración propia

**Grafica IV. PH**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla V. PH**

Muestras analizadas en laboratorio				
Resultados				
Parámetro	Año	promedio	Máximo	Mínimo
PH	2002	7.97	8.07	7.81
PH	2004	7.82	8.40	7.00
PH	2011	8.23	8.39	8.08
PH	2014	8.50	8.60	8.30

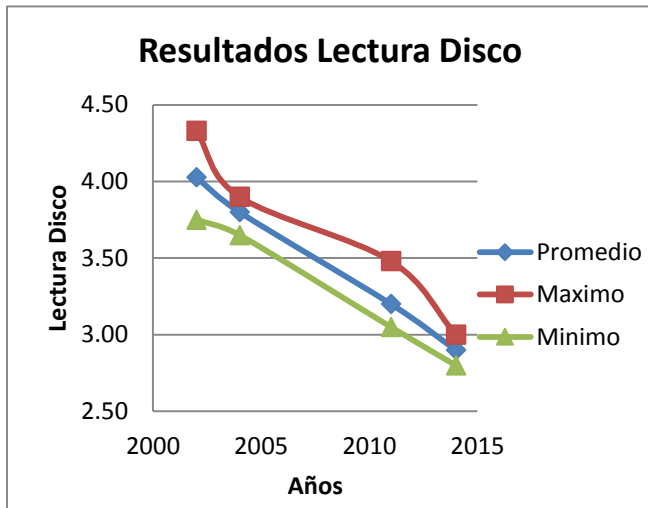
Fuente: Elaboración propia

**Tabla VI. Lectura Disco**

Muestras analizadas en laboratorio				
Resultados				
Parámetro	Año	Promedio	Máximo	Mínimo
Lectura Disco	2002	4.03	4.33	3.75
Lectura Disco	2004	3.80	3.90	3.65
Lectura Disco	2011	3.20	3.48	3.05
Lectura Disco	2014	2.90	3.00	2.80

Fuente: Elaboración propia

**Grafica V. Lectura Disco**



Fuente: Elaboración propia

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El parámetro de oxígeno disuelto en los años 2002, 2004, 2011 mantiene una oxigenación promedio de 2.52 mg/l a 10 metros de profundidad. Los datos obtenidos en el año 2014 el oxígeno disuelto comienzan a tender a cero a una profundidad de 6 metros.

El comportamiento de la DQO tiene su máximo valor promedio en el año 2002 con 29.33 mg/l y la mínima DQO se observa en el año 2014 con 8.00 mg/l. La DQO en el año 2004 al 2014 presenta poca variación.

El Potencial de Hidrógeno en los años 2002 y 2004 es de 7.97 y 7.82 respectivamente, lo que indica que la variación es mínima. En los años 2011 y 2014 se tiene un PH de 8.23 y 8.50 respectivamente esto refleja la poca variación que se tiene, sin embargo, en los años 2004 y 2011 tiene una variación del 5%.

La transparencia de la laguna de calderas se ve afectada en el transcurso de tiempo ya que en el año 2002 se tenía una transparencia de 4.03 m y en el año 2014 de 2.90 m teniendo una pérdida de transparencia del 50%.

## CONCLUSIONES

El estado trófico de la laguna de calderas según Carson (1977, 1980) en el año 2002 tenía un índice del estado trófico (TSI) de 39 lo que la ubicaba en un estado oligotrófico y en el año 2014 se presentó un índice del estado trófico de 44 indicando que se encuentra en un estado mesotrófico.

Con base a las características presentadas en los años 2002, 2004, 2011 y 2014 se puede determinar

que el oxígeno disuelto se reduce un 20%, debido a erupciones volcánicas, al crecimiento poblacional, el cual aporta mayor generación de aguas residuales, producto del lavado de ropa y generación de desechos sólidos.

El potencial de hidrógeno a través de los años se incrementa en un 6%, producido de las diferentes actividades que se desarrollan en dicho cuerpo de agua.

## AGRADECIMIENTOS RECONOCIMIENTOS

Y

Se agradece al M.Sc. Ing. Zenón Much Santos por su participación como asesor, a los catedráticos Dr. Ing. Adán Pocasangre Collazos, M.Sc. Ing. Pedro Saravia Celis, y M.Sc. Ing. Joram Gil de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria; y, asimismo, se reconoce el apoyo y la colaboración del personal del Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS) en el desarrollo del presente artículo científico.

## BIBLIOGRAFÍA

- CARLSON, R.E, *Phosphorus cycling in a shallow eutrophic lake in southwestern Minnesota*, 1975. UNIVERSITY OF MINNESOTA.
- HERNANDEZ MUÑOZ, Aurelio. *Depuración de las aguas residuales*, 1998. Pg. 99-171. EDITORIAL PARANINFO S.A.
- CASTAÑEDA SALGUERO, Cesar. *Sistemas Lacustres de Guatemala*, 1995. USAC.

## INFORMACIÓN DEL AUTOR:

Ingeniero Civil, Luis Gabriel García Ramos, graduado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala de Guatemala, en el año 2013.

M.Sc. en Ingeniería Sanitaria de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, ERIS de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Posgrado en Desechos Sólidos Hospitalarios de la Asociación de Ingeniería Sanitaria (AGISA) y la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, ERIS de la Universidad de San Carlos de Guatemala.