

DETERMINACIÓN DE LA OCURRENCIA DE LA INVERSIÓN TÉRMICA ANUAL EN EL LAGO DE AMATITLÁN

Esthefany Fuentes¹

RESUMEN

La inversión térmica o "volteo" es una mezcla que se da en algunos lagos. Está relacionada con el ciclo de energía de la tierra y su ocurrencia depende de los cambios de temperatura en la columna de agua, permitiendo reconocer las condiciones de circulación y mezcla. Según la ocurrencia de inversión, el Lago de Amatitlán, se clasifica como monomíctico cálido, ya que sus aguas se mezclan una vez al año. El Lago de Amatitlán está ubicado en el municipio de Amatitlán a 25 kilómetros de la ciudad capital a 1,188 msnm y tiene un área superficial de 15.06 km². Durante años se han realizado estudios y proyectos de investigación enfocados a la parte física, química y microbiológica de sus aguas; no así la evaluación de la inversión térmica. El objetivo del presente artículo fue determinar en qué momento del año se presenta la inversión térmica en el Lago de Amatitlán. Esto se realizó utilizando datos de temperatura (parámetro importante para los sistemas lénticos) de dos puntos principales –lado Este y Oeste– a diferentes profundidades para los años 2008 al 2011. A través de gráficas pudo determinarse que la inversión térmica ocurre generalmente en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero.

PALABRAS CLAVE

Inversión térmica, volteo, mezcla, temperatura, lago, Monomíctico cálido, léntico.

The thermal inversion or "mixing" is a mixture that occurs in some lakes. It is related to the energy cycle of the earth and its occurrence depends on the temperature changes in the water column, allowing to recognize the water circulation and mixing. According to the inversion occurrence, Lake Amatitlán is classified as a warm monomictic lake as its waters are mixed once a year. Amatitlán Lake is located in the town of Amatitlan, 25 kilometers away from Guatemala City at 1.188 meters above sea level and has a surface area of 15.06 square kilometers. For years studies and research projects have been focused on the physical, chemical and microbiological quality of the water, while the thermal inversion has not been studied yet. The aim of this paper was to determine what time of year the thermal inversion in Amatitlán Lake occurs. This was determine using temperature data (important parameter for lentic systems) of two main sites -East and West side- at different depths within the years 2008 to 2011. Through graphs could be determined that the water inversion usually occurs in the months of November, December, January and February.

KEYWORDS: Thermal investment, I turn, mixture, temperature, lake, Monomictico hot, lens.

INTRODUCCIÓN

El lago de Amatitlán es uno de los cuerpos de agua que se encuentran en un proceso acelerado de contaminación y de eutrofización artificial, es decir, un desarrollo exagerado de algas debido a la presencia de nutrientes, en particular de nitrógeno y de fósforo, así como la presencia de dióxido de carbono y luz, lo cual tiende a reducir sus usos y acelerar su desaparición. Debido a todos los procesos físicos químicos y biológicos que se encuentran en desequilibrio, pueden alterar todos aquellos factores o procesos que en él ocurren, como el de la inversión térmica (Fuentes, 2005)

La inversión térmica o mezcla que ocurre en los lagos monomícticos cálidos, es una calificación que se asigna a los [lagos](#) que tienen la característica de que las [aguas](#) se mezclan una vez al [año](#), por causa de las [variaciones](#) de la [temperatura](#), de modo homogéneo en un perfil vertical sin un [gradiente](#) de [densidad](#) según la estratificación para los lagos.

Tabarini, 1985, mencionó en una publicación especial, que el fenómeno se da por un sistema de agua tibia sobre el agua fría que es físicamente estable y permanecerá

constante, a no ser que se aplique una fuerza considerable para invertirlo (da vuelta). Los vientos fríos del mes de noviembre, por ejemplo, tienen suficiente fuerza y durante esta época el lago, ya se está enfriando, un vendaval fuerte tiende a invertirlo y se mezclan por completo las aguas del epilimnion (aguas de arriba) con las del hipolimnion (aguas de abajo).

Para el lago de Amatitlán se llevó a cabo el presente estudio y se pudieron conocer los meses en que ocurrió la inversión térmica o volteo. La inversión es importante porque influye de manera fundamental en los procesos y ciclos físicos y químicos de los animales que viven dentro del ecosistema y muchas veces hasta ocasionarles la muerte. Así mismo se identificó que este fenómeno se establece durante los meses más fríos del año de noviembre a febrero.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El lago de Amatitlán se encuentra a 25 km de la Ciudad de Guatemala, a una altitud de 1186 msnm. Tiene 12 km de largo, 3 km de ancho, y una superficie de 15.06 km², su profundidad media es 18 metros y la máxima 28 metros ubicada entre la Silla del Niño y el Zanjón de Monte Sión. Los municipios que comparten las riberas del lago son: Amatitlán, Villa Canales, San Miguel Petapa y Villa Nueva. El volumen del cuerpo de agua es aproximadamente 270 millones de metros cúbicos; Coordenadas, 14°28'N 90°36'O / 14.467, -90.6. Superficie, 15.06 km² (Batimetría 2001).

En la actualidad, el lago es utilizado con fines de consumo doméstico, irrigación, recreación, hidroelectricidad, navegación comercial en pequeña escala y pesca con fines nutricionales y comerciales. La temperatura media anual es bastante estable y oscila entre los 18 y 21°C.

El Lago puede ser considerado como dos lagos, debido a que las características físicas, químicas y biológicas de cada parte son diferentes. El lado Oeste recibe los vertidos residuales de la zona sur de la ciudad capital que incluye los municipios de Mixco, Villa Canales, San Miguel Petapa, Villa Nueva, Santa Catarina Pinula entre otros. Y el lado Este, recibe la influencia de agua por infiltración o escorrentía.

Este recurso natural tiene un alto grado de eutroficidad por los nutrientes que recibe como el nitrógeno y el fósforo derivados de las industrias, del sector agrícola; así como, de las aguas domésticas, entre otras.

La columna de agua ha sufrido un desequilibrio ya que en la parte superficial (epilimnion) del lago sus características son las siguientes: turbiedad alta, oxígeno disuelto alto, temperatura alta, transparencia baja, sólidos en suspensión altos y en la parte del hipolimnion (profunda) oxígeno disuelto bajo (Fuentes, 2005).

METODOLOGIA

Se determinó la ocurrencia de la inversión térmica con los datos mensuales de temperatura In Situ, a diferentes profundidades, de dos estaciones principales de monitoreo, centro lado Este y centro lado Oeste, correspondiente a los años 2008-2011, In Situ, aunque se cuenta con información de años anteriores, pero solamente de algunos meses específicos. Los datos utilizados para este trabajo fueron obtenidos de la división de control, calidad ambiental y manejo de lagos de La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del

Lago de Amatitlán -AMSA - . Con los cuales se procedió a la digitalización en hojas electrónicas de Excel y la elaboración de las gráficas donde se muestra el perfil del lago y así identificar la ocurrencia de la inversión térmica conforme las temperaturas bajas y la mínima variación del gradiente de temperatura desde la superficie hacia la profundidad.

La investigación fue de tipo exploratoria, ya que se buscó determinar la ocurrencia de la inversión térmica.

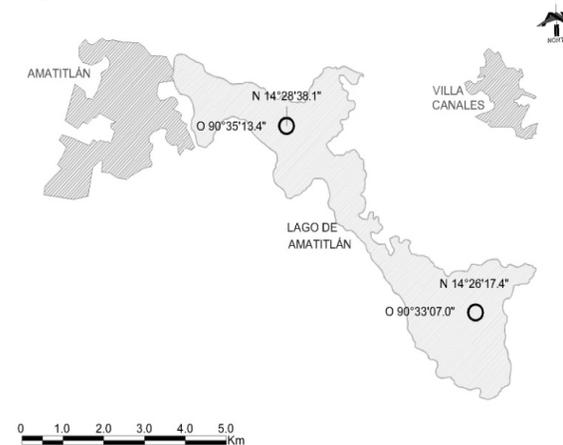
A continuación se presenta una tabla con las coordenadas de los puntos de muestreo del parámetro de temperatura °C.

Tabla 1. Identificación de coordenadas de los puntos de muestreo

No.	Localizacion	Coordenadas
1	Lado Este Centro Lago de Amatitlán	N 14°26'17.4" W 090°33'07.0"
2	Lado Oeste Centro Lago de Amatitlán	N 14°28'38.1" W 090°35'13.4"

Fuente: Elaboración propia

Figura. 1 Localización de puntos de Muestreo



Fuente: Aldo Orozco, 2012

RESULTADOS

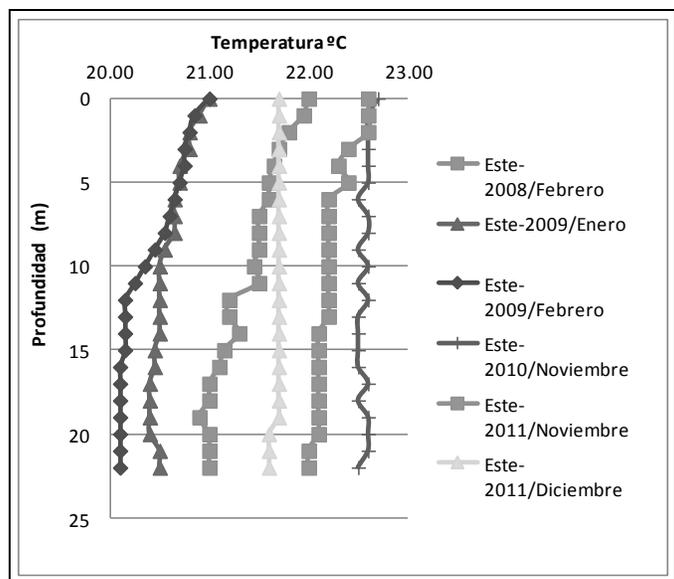
Para la elaboración de las gráficas se utilizó el parámetro temperatura, el cual ayudó al análisis de la información. A continuación se presenta la tabla con los meses de temperaturas bajas y las gráficas con los datos que ocurrió la inversión térmica.

Tabla 2. Datos de los meses de temperatura lado Este y Oeste del lago de Amatitlán, años 2008-2011

Prof.	ESTE-2008			ESTE-2009			ESTE-2010			ESTE-2011				OESTE-2008		OESTE-2009			OESTE-2010				OESTE-2011				
	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	N	D	E	F	E	F	M	E	F	N	D	E	F	M	D	
0	2150	22.00	2100	2100	2155	22.2	22.70	22.6	2190	22.00	22.60	2170	22.05	23.50	2165	22.5	22.05	22.60	22.95	23.25	22.60	22.40	23.30	23.25	22.90		
1	2135	2195	20.90	20.85	2150	218	22.60	22.1	2190	2195	22.60	2170	22.00	23.5	2145	2175	2195	22.25	22.95	23.25	22.50	22.30	22.95	23.20	22.90		
2	2120	2180	20.80	20.80	2140	215	22.60	22.1	2170	2195	22.60	2170	2180	22.90	2120	2155	2180	2165	22.90	23.05	22.50	22.10	22.35	22.85	22.60		
3	2115	2170	20.80	20.75	2135	212	22.60	22.0	2170	2195	22.40	2170	2175	22.65	215	2145	2175	2150	22.80	23.00	22.40	22.00	22.20	22.75	22.40		
4	2115	2165	20.70	20.75	2125	212	22.60	22.0	2140	2195	22.30	2170	2165	22.25	2105	2140	2165	2150	22.80	22.89	22.30	2180	22.5	22.70	22.40		
5	2110	2160	20.70	20.70	2125	211	22.60	22.0	2110	2165	22.40	2170	2165	2195	2105	2130	2165	2150	22.65	22.90	22.30	2170	22.00	22.65	22.30		
6	20.95	2160	20.65	20.65	2125	211	22.50	22.0	2100	2145	22.20	2170	2160	2195	2105	2125	2155	2150	22.55	22.90	22.30	2150	22.00	22.60	22.30		
7	20.85	2150	20.65	20.60	20.55	211	22.60	22.0	2100	2135	22.20	2170	2150	2180	2100	2115	2145	2150	22.25	22.90	22.30	2140	2195	22.55	22.30		
8	20.85	2150	20.65	20.55	20.35	210	22.60	22.0	20.90	2130	22.20	2170	2150	2145	2100	2105	2130	2150	22.10	22.85	22.20	2140	2185	22.25	22.20		
9	20.85	2150	20.55	20.45	20.25	210	22.50	22.0	20.80	2110	22.20	2170	2145	2170	20.95	2100	2120	2135	22.05	22.85	22.30	2130	2180	22.20	22.20		
10	20.80	2145	20.50	20.35	20.20	210	22.60	22.0	20.80	2110	22.20	2170	2145	2160	20.90	20.90	2105	2135	22.05	22.80	22.20	2130	2175	22.10	22.20		
11	20.80	2150	20.50	20.25	20.20	20.9	22.50	22.0	20.80	2110	22.20	2170	2135	2155	20.85	20.85	20.90	2130	2185	22.75	22.30	2130	2160	22.00	22.20		
12	20.80	2120	20.50	20.5	20.10	20.9	22.60	22.0	20.80	20.95	22.20	2170	2130	2155	20.85	20.75	20.85	2130	2175	22.75	22.30	2120	2160	2195	22.20		
13	20.80	2120	20.50	20.5	20.10	210	22.50	22.0	20.80	20.95	22.20	2170	2125	2145	20.85	20.70	20.85	2130	2170	22.70	22.30	2120	2155	2190	22.20		
14	20.80	2130	20.50	20.5	20.10	20.9	22.50	22.0	20.70	20.90	22.10	2170	2125	2145	20.85	20.70	20.80	2130	2170	22.75	22.30	2120	2155	2180	22.20		
15	20.75	2115	20.45	20.5	20.10	20.9	22.50	22.0	20.70	20.90	22.10	2170	2125	2150	20.85	20.70	20.75	2130	2165	22.75	22.30	2110	2150	2175	22.10		
16	20.75	2110	20.45	20.10	20.10	20.9	22.50	22.0	20.70	20.80	22.10	2170	2125	2140	20.85	20.65	20.75	2130	2160	22.70	22.30	2110	2145	2175	22.10		
17	20.75	2100	20.40	20.10	20.05	20.8	22.60	219	20.70	20.80	22.10	2170	2125	2140	20.80	20.65	20.70	2125	2155	22.75	22.30	2110	2140	2170	22.10		
18	20.75	2100	20.40	20.10	20.00	20.8	22.50	219	20.70	20.80	22.10	2170	2120	2140	20.80	20.65	20.70	2125	2150	22.70	22.20	2110	2140	2170	22.10		
19	20.70	20.90	20.40	20.10	20.00	20.8	22.60	219	20.70	20.85	22.10	2170	2120	2140	20.80	20.65	20.70	2125	2145	22.70	22.30	2110	2140	2170	22.10		
20	20.70	2100	20.40	20.10	20.00	20.8	22.60	219	20.70	20.80	22.10	2160	2120	2135	20.80	20.65	20.70	2125	2145	22.70	22.20	2110	2135	2165	22.10		
21	20.70	2100	20.50	20.10	20.00	20.8	22.60	219	20.70	20.80	22.00	2160	2120	2135	20.80	20.60	20.65	2125	2145	22.65	22.20	2110	2130	2160	22.10		
22	20.70	2100	20.50	20.10	20.00	20.7	22.50	219	20.70	20.80	22.00	2160	2120	2135	20.80	20.60	20.65	2125	2140	22.65	22.20	2110	2130	2160	22.10		
23															2115	2130	20.80	20.60	20.60	2120	2140	22.65	22.10	2120	2130	2160	22.10
24															2115	2130	20.80	20.60	20.60	2120	2140	22.65	22.10	2110	2130	2150	22.10
25															2115	2130	20.80	20.80	20.60	2120	2135	22.65	22.00	2110	2130	2150	22.00
26															2110	2120	2150	20.70	20.60	2115	2140	22.65	22.00	2110	2130	2150	22.00
27															2120	2120	22.00	22.00	22.50	2100	2100	22.65	22.00	2110	213	215	22.00

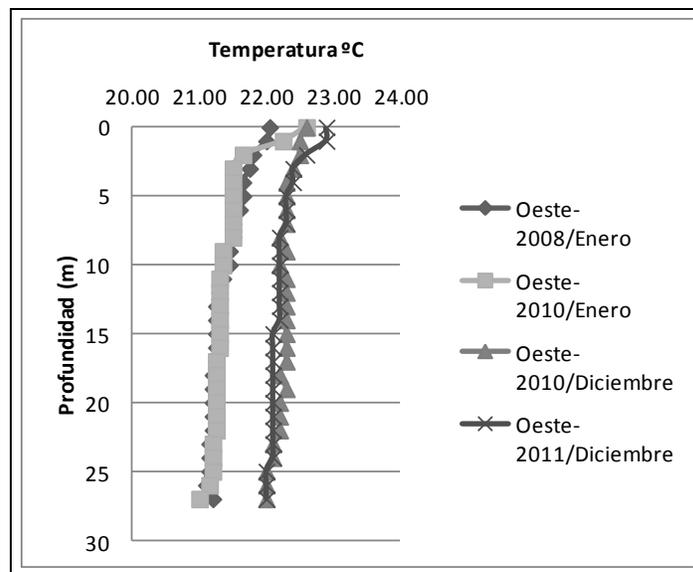
Fuente. Elaboración propia.

Figura 2. Gráfica lado Este, años 2008 al 2011



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Gráfica lado Oeste, años 2008 al 2011



Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Por los resultados obtenidos se puede indicar que de acuerdo a las gráficas arriba descritas, para el lado Este del lago, se determinó que la inversión térmica se presenta en su mayoría durante el mes de enero, para los años 2008 al 2011, oscilando los valores de temperatura entre los 21 a 22 °C, temperaturas bajas capaces de invertir el lago. También ocurrió en los meses como febrero, noviembre y diciembre.

El lado Oeste, presentó valores de temperatura dentro de los rangos de 21 a 23 °C, durante los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre.

Como se puede observar la ocurrencia de la inversión térmica en el lago, se puede dar en diferentes meses del año en los lados Este y Oeste, debido a que el lago es considerado como dos cuerpos de agua diferentes, en cuanto a sus características físicas y químicas, asimismo durante la toma de la temperatura In Situ, se observó, que la dirección del viento en los dos lados oscilan en dos direcciones contrarias, normalmente afectando más el lado Este del lago.

Durante la tabulación de los resultados, también se observó que las temperaturas de los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre se encontraban dentro de los 24 a 27° C, estas no fueron graficadas ni presentadas dentro de este documento, debido a que solamente se necesitaba conocer el evento de inversión térmica. Otro factor que se presentó durante la toma de los parámetros, fue peces boqueando en la superficie del lago y en alguna una ocasión peces muertos. Para que la mortandad de peces ocurra en la superficie del lago las temperaturas del lago tienen que estar bastante bajas y vientos fuertes capaces de que las aguas de abajo suban, dando como consecuencia una falta de oxígeno en la superficie, debido a que en el fondo del lago se encuentra anóxico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La inversión térmica del lago de Amatitlán, ocurre durante los meses que presentó las temperaturas más frías del año, en su mayoría los meses de enero y febrero.

Por observación In situ, se concluye que la acción del viento y los cambios de temperatura, influyen en la inversión térmica del lago, donde las condiciones del viento se presentaron con fuerza, lo que se considera que es la fuerza necesaria para poder invertirlo o voltearlo.

En el lago se da la mortandad de peces cuando ocurre la inversión térmica, debido a la falta de oxígeno.

La inversión térmica para los dos puntos de muestreo no se presentó en igual forma en los dos lados lado Este y Oeste, debido a que el lago se considera como dos cuerpos de agua diferente por su calidad de agua, y la variación de la temperatura y los vientos.

En el lago de Amatitlán, aun se conserva la dinámica de la inversión térmica, a pesar de encontrarse dentro de la clasificación de un lago eutrófico, pudiéndole afectar en la superficie las altas variaciones de la temperatura.

Se recomienda a la institución, o personas interesadas en el tema de la inversión térmica en el lago de Amatitlán, seguir con este monitoreo periódico, con el fin de continuar evaluando si este fenómeno pudiera variar en algún momento.

BIBLIOGRAFÍA

- AMSA (Autoridad para el Manejo Sustentables de la Cuenca y el Lago de Amatitlán, GT). 2005. Plan Maestro Integrado del Lago de Amatitlán y sus cuencas tributarias –PLANDEAMAT-. Guatemala, AMSA. p. irr.
- BASTERRECHEA Manuel. 1995. Lago de Amatitlán: década de estudios limnológicos. Guatemala. 41 p.
- CASTAÑEDA Cesar. 1995. Sistemas Lacustres de Guatemala. Guatemala, Editorial Universitaria. 196 p.
- FUENTES Sthefany 2006. Informe final del ejercicio profesional supervisado realizado en la Autoridad para el Manejo sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán –AMSA- Tesis de Lic. Acuicultura, Guatemala, USAC 159 P.
- ROLDAN Gabriel. 1992. Fundamentos de limnología tropical. Colombia, Editorial Universidad de Antioquia. p. 325-350.
- TABARINI Alba. 1975. Eutroficación del lago de Amatitlán, informe preliminar, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria.
- . 2002. Documento publicado sobre Limnología y los lagos de Guatemala, USAC. 8 p.