

## EL LAGO TITICACA: SINTESIS DEL CONOCIMIENTO ACTUAL

Donaires, T. \*, Zamalloa, W\*\* y Salas del Pino, M.\*\*\*

\*E-mail: tdonaires@hotmail.com

\*\* Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Altiplano. Perú. E-mail: cubaz@latinmail.com

\*\*\* Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Cusco. Perú

### RESUMEN

En la latitud 14° sur, la cadena de los Andes se separa en dos cordilleras que delimitan entre ellas una altiplanicie de aproximadamente 200 000 km<sup>2</sup>, el altiplano, situando entre 3 600 y 4 500 m.s.n.m.

El Lago Titicaca ocupa la parte septentrional de esta planicie. Tanto por su extensión como por su profundidad, es calificado como el lago navegable más alto del mundo.

Las características físicas y químicas del agua del Lago Titicaca han sido objeto de observaciones puntuales en el curso de expediciones científicas y posteriormente, de datos sobre periodos mucho más amplios se pueden citar entre otros los trabajos de Wilson (1939-40 y 1964), Monhem (1956), Löffler (1960), Kessler y Monhem (1968), Widmer *et al.* (1975), Richerson *et al.* (1977), Hegewald *et al.* (1976), Lazzaro (1981), Hegewald y Runkel (1981), Carmouze *et al.* (1984), Richerson *et al.* (1986), Iltis (1987), Quintanilla *et al.* (1987).

Si los datos de estos autores sobre el hidroclima permiten una información válida de las variaciones espaciales y estacionales, la ausencia de un control regular a largo plazo no permite, por ahora, apreciar una eventual variabilidad plurianual.

El presente trabajo está basado en la determinación de la temperatura del agua, el contenido de oxígeno y la transparencia son los tres parámetros para los cuales se tienen actualmente las medidas más numerosas, la regulación hidroquímica, flujos de materias disueltas, movimientos verticales del agua, el régimen de estratificación termal y el balance energético también son muy importantes.

El conjunto de datos obtenidos muestra una individualización bastante marcada de las grandes regiones morfológicas del lago el resultado servirá para tomar las medidas adecuadas para su conservación y protección.

### PALABRAS CLAVES

Características físicas, características químicas, contaminación ambiental, hidroquímica, Lago Titicaca.

### INTRODUCCION



El Lago Titicaca se encuentra en la altiplanicie de Perú y Bolivia, a una altitud de 3.810 metros sobre el nivel del mar y tiene un área total de 8.167 km<sup>2</sup> y El Lago presenta tres zonas: el lago grande con 6.311 km<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 281 m; el lago pequeño con 1.292 km<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 45 m; y la bahía de Puno con 564 km<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 30 m. Dentro de esta bahía se distingue la bahía interior del mismo nombre con 16 km<sup>2</sup>, frente a la cual se encuentra la ciudad de Puno. (Figura 1)

Figura 1. Imagen satelital del Lago Titicaca

La eutrofización que se viene produciendo en los diferentes lagos y ríos del mundo es cada vez mayor. El Perú no escapa a esta situación que en la actualidad viene afectando a aguas marinas y continentales (lagos y ríos) y, en lo que a lagos se refiere, de manera general son los principales

receptores de aguas contaminadas de origen doméstico e industrial, éstas últimas con presencia de sustancias tóxicas que afectan gravemente a la vida de los hidrosistemas. Problema que se torna preocupante considerando al Lago Titicaca como un ecosistema de vital importancia que sostiene de manera integral, a gran parte de la población del altiplano peruano, ya que en el se encuentran importantes recursos acuáticos, y que son afectados por la contaminación.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Determinar el grado de contaminación de las aguas del Lago Titicaca en la bahía interior de Puno.

### Objetivos específicos

- Medir cualitativa y cuantitativamente los principales factores físico químicos.
- Establecer el nivel de evolución en términos de concentración de nutrientes y su avance en el espacio-tiempo.
- De terminar el nivel de eutroficación

## MATERIALES Y MÉTODOS:

### Materiales

- Un mapa de ubicación de las estaciones de muestreo.
- Una embarcación a bordo.
- Un laboratorio portátil para análisis físico-químicos de aguas marca HACH, conformado por: un potenciómetro, un conductímetro, un oxímetro, un espectrofotómetro.

### Métodos

La metodología utilizada en el estudio para el logro de los objetivos planteados comprende las siguientes fases:

- Revisión bibliográfica relacionada al tema de contaminación.
- Revisión y compilación de datos históricos relacionados a la contaminación de la bahía de Puno.
- Selección de puntos de muestreo.
- Determinación de los parámetros a estudiar.
- Frecuencia de muestreo.
- Muestreo y análisis.
- Evaluación e interpretación de los resultados obtenidos.

## PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS DE LA BAHIA DEL INTERIOR DEL LAGO TITICACA

En las tablas 1 y 2 se muestran el comportamiento físico y químico del Lago Titicaca entre mayo de 2002 y abril de 2003.

Tabla 1. Parámetros físicos.

Parámetros	may	jun	jul	agost.	set	oct	nov	dic	ene	feb	marz	abr	prom.
Temperatura (°C)	11.40	12.60	11.90	14.60	16.50	18.10	18.20	18.40	17.40	16.90	-	14.60	15.51
Turbidez (FTU)	9.00	7.00	2.00	3.00	17.00	17.00	22.00	14.00	16.00	8.00	-	6.00	11.00
Transparencia (m)	2.15	1.60	2.00	1.90	1.55	0.70	0.55	0.80	0.85	1.35	-	2.00	1.40
S.T.D. (g/l)	0.91	0.94	0.93	0.97	0.97	0.99	0.98	0.96	0.95	0.87	-	0.81	0.93
C.E (us/cm)	1.77	1.90	1.87	1.94	1.94	1.99	1.96	1.91	1.93	1.77	-	1.63	1.87
pH (unidades pH)	8.40	9.07	9.47	9.11	8.80	9.00	9.47	9.76	9.70	9.38	-	8.45	9.15
O.D.(mg/l)	4.30	4.80	4.50	4.80	5.60	6.40	6.80	8.30	6.80	5.20	-	5.00	5.68

Donde, S.T.D: Sólidos Totales Disueltos, C.E : Conductividad Eléctrica, O.D: oxígeno Disuelto

Fuente: Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química. UNA. Puno. Perú

Tabla 2. Parámetros químicos.

Parámetros	may	jun	jul	agost.	set	oct	nov	dic	ene	feb	marz	abr	prom.
Nitratos(mg/l)	1.144	1.188	1.012	1.056	1.232	1.012	0.202	0.122	0.824	0.660	-	1.320	0.888
Nitritos(mg/l)	0.000	0.000	0.000	0.069	0.033	0.045	0.037	0.029	0.049	0.000	-	0.000	0.044
Nitro-Amo(mg/l)	0.520	0.880	0.980	0.890	0.840	1.240	1.270	1.170	1.000	0.330	-	0.410	0.866
Amoniaco (mg/l)	0.530	1.060	1.190	1.090	1.020	1.510	1.520	1.430	1.230	0.390	-	0.480	1.041
Amonio (mg/l)	0.660	1.140	1.250	1.150	1.080	1.580	1.620	1.510	1.300	0.372	-	0.510	1.107
Fósforo-R(mg/l)	0.327	0.298	0.442	0.282	0.553	0.558	0.523	0.348	0.245	0.000	-	0.157	0.373
Detergente (ppm)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	0.070	0.090	0.080	0.060	0.000	-	0.000	0.076
Dureza-T (mg/l)	543.0	559.0	557.0	516.5	472.5	402.0	368.0	392.0	0.0	0.0	-	0.0	476.3
Alcalinidad (mg/l)	159.0	155.0	120.0	123.0	116.0	116.0	138.0	112.0	0.0	0.0	-	125.0	129.3

Fuente: Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química. UNA. Puno. Perú

## RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

La contaminación de la bahía interior de Puno, es de origen antrópico asociado al alto nivel de materia orgánica contenida directamente en las aguas residuales o indirectamente del drenaje pluvial superficial, y según Northcote, Morales y Dorce (1991) se refieren a la carga de fosfatos en las aguas de escorrentía que llegan a la bahía, la colocan por encima de los niveles peligros de eutrofización.

Los resultados físicos y químicos obtenidos entre mayo de 2002 y abril 2003 se encuentran en los cuadros y gráficos anexos al documento, en ellos se expresan los resultados en términos de promedio además de los gráficos correspondientes.

## CONCLUSIONES

Las aguas correspondientes a la bahía interior de Puno alcanzan niveles hipereutróficos.

Los compuestos nitrogenados como: nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, amonio y amoniaco, alcanzan niveles altos de concentración en aguas de la bahía, con relación a la zona de Chimu.

La zona de Chimu corresponde a una zona mesoeutrófica.

La concentración de fósforo en la bahía interior, es alta y con un comportamiento variable, alcanzando niveles de: 0.560mg/l los más altos y 0.050 mg/l, los más bajos.

La temperatura registrada en la bahía interior presentó valores ligeramente más altos que los determinados en la zona de Chimu.

La contaminación en la bahía interior, se origina a partir de las descargas de aguas servicias sin tratamiento de los desagües de la ciudad de Puno.

Los resultados muestran que la contaminación en los últimos años se ha visto incrementada significativamente y que está alcanzando una distancia considerable con respecto a la orilla.

Los resultados evidencian que los sistemas de tratamiento existentes en la zona (laguna de oxidación de la UNA y Espinar) son insuficiente y deficientes para tratar las aguas servidas de la ciudad de Puno.

El proceso de eutrofización presenta un comportamiento variable entre octubre y febrero, llegando hasta zonas muy alejadas de la orilla, a 2500 y 1000 m (cerca del canal de salida).

## RECOMENDACIONES

Realizar una caracterización de las aguas residual es de la ciudad de Puno.

Realizar una evaluación de los volúmenes de aguas residuales vertidas por la ciudad.

Realizar un estudio sobre las características bacteriológicas de las aguas de la bahía interior de Puno.

Realizar investigaciones para la caracterización de sedimentos (lodos) en la bahía.

Investigar sobre el impacto de la contaminación en la flora y fauna de la zona.

Planificar e implementar programas de educación ambiental.

Realizar investigaciones en el aprovechamiento de la lenteja de agua (*lemna s p.*) a fin de lograr la recuperación de la bahía.

Incrementar la capacidad y eficiencia de las plantas de oxidación.

Aprovechar en la agricultura los subproductos de las lagunas de oxidación.

## REFERENCIAS

- Apaza C, J. y Flores R. Y. (2003). Diseño de un Sistema Helibioreactor Batch para producción de biogas. Tesis. Facultad de Ingeniería Química. UNA. Puno. Perú.
- Aquino, P. R., Camacho, M. E. y Llanos, G. (1989). Métodos para análisis de agua, suelo y residuos sólidos. Impresiones Gráficas E.I.R.L. IDMA CONCYTEC. Documento Técnico ND1. Lima. Perú.
- Calla, R. A. (1995). Tratamiento de la Lemna sp. Tesis. Facultad de Biología UNA. Puno. Perú.
- CEIDADP – PELT. (1994). Evaluación electroacústica de los recursos pesqueros en el Lago Titicaca. CRUCERO 9312. Puno/Lima. Perú
- Cornejo, F. E. y Berolatti, R. (1991). Tratamiento de aguas servidas mediante el uso de macrophytas acuáticas. Informe final UNA - Instituto de Aguas Alto Andinas. Convenio UNA-UBC-ADCI. Puno. Perú.
- Fair, G. M., Geyer, J. G. y Oküm, D.A. (1989) Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales T. I.1. Editorial LIMUSA, Noriega Editores
- Luna C. C. (1993). Compendio de análisis químico cuantitativo en aguas y minerales. 3ra Edición Puno. Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento e Instituto Nacional de Desarrollo. República del Perú. Monitoreo de la contaminación de la Bahía Interior del Lago Titicaca. Proyecto Especial Binacional. Puno. Perú.
- Mollocondo, Ll. H. (1995). Determinación de nutrientes; nitrógeno y fósforos relacionados con los parámetros abióticos en la Bahía Interior de Puno. Tesis. Facultad Ciencias Básicas. UNA. Puno. Perú.
- Notrhcote T.G., Morales, P., Levy, S. D. A. y Greaven, M. S. (1991). Contaminación en el Lago Titicaca, Perú. Capacitación, Investigación y manejo. Puno. Perú.