

Cambio Global

“Efectos de la radiación ultravioleta en el plancton del Lago Titicaca: Una base de datos necesaria para inferir el impacto del cambio global en lagos de altura”

**Estación de Fotobiología Playa Unión
Chubut - Argentina**

IRD - LCA/UMSA - La Paz - Bolivia

PhD. Virginia E. Villafañe⁽¹⁾

PhD. E. Walter Helbling⁽¹⁾

PhD. Xavier Lazzaro⁽²⁻³⁾

En estudios previos (1997–1999) (Villafañe et al., 1999; Helbling et al., 2001; 2002; Villafañe & Helbling, 2003) realizados en el Lago Menor (Lago Titicaca, Bolivia) determinamos una inhibición fotosintética significativa del fitoplancton en aguas superficiales i.e., 60% debida a la RUV-A (315–400 nm) y 20% a la RUV-B (280–315 nm). Este efecto inhibitorio disminuía rápidamente con la profundidad, resultando en una pérdida de carbono, en la zona eufótica, del 14% y 3,4% debido a RUV-A y RUV-B, respectivamente. Los niveles de daño producidos en la molécula de ADN (estimados como dímeros de timina) fueron relativamente bajos, teniendo en cuenta los niveles de radiación recibidos. El zooplancton (y en particular el copépodo *Boeckella titicacae*) demostró ser, en general, resistente a la RUV (en términos de mortalidad), debido a su capacidad de acumular compuestos fotoprotectores. La relativamente alta resistencia de los organismos (a comparación con aquella determinada en regiones templadas y polares) era esperable, dada la historia lumínica previa de exposición a altos niveles de RUV que tiene el plancton del Lago Titicaca.

En un contexto de cambio global, se prevén cambios físicos y químicos significativos en los ambientes lacustres: Se considera que las mayores temperaturas causarán una mayor estratificación del epilimnion, por lo cual las células estarán expuestas a mayores niveles de radiación. Por otro lado, existe, a nivel global, un incremento en el aporte de materia orgánica disuelta (DOM) a los cuerpos de agua, relacionado con el uso de la tierra, precipitaciones, vientos etc., por lo cual el ambiente lumínico se vería modificado hacia una menor penetración de la

radiación solar. Una mayor estratificación, conjuntamente con el aporte de DOM y cambios en los patrones de vientos, resultará en un nuevo equilibrio y mezcla vertical en la capa superficial de mezcla, exponiendo así al fitoplancton no sólo a un campo lumínico distinto, sino también a una condición distinta de nutrientes.

Unos perfiles verticales de atenuación espectral de RUV-B (305 y 313 nm), RUV-A (entre 320 y 395 nm) y PAR (400–700 nm) realizados recientemente (Dic. 2012-Feb. 2013) en plena estación lluviosa en la misma región (Fosa de Chua) del Lago Menor, con máximos profundos de clorofila (DMC) con concentraciones altas ($\geq 3d$ 14 $\mu g/L$ a $\geq 3d$ 14 m, comparados con 2–3 $\mu g/L$ en los años 1980–1990), sugieren, efectivamente, que los procesos de eutrofización ya están en marcha, por lo menos en el Lago Menor. Se observaron grandes diferencias en la transparencia respecto a los estudios anteriores: Los valores actuales de Z1% son de 3, 6 y 12 m para UV-B, UV-A y PAR, respectivamente, mientras que en Septiembre de 1997 (fin de la época seca) fueron: 6, 12 y 21 m para Z1%UV-B, 6 m para UV-B, UV-A y PAR, respectivamente. Aunque estas diferencias son obvias, debemos ser cautos al momento de realizar tales comparaciones históricas ya que los datos no son totalmente comparables: Si bien hay un cambio en el campo lumínico debido a la mayor cantidad de fitoplancton, probablemente debido a la intensificación del uso de la tierra, al aumento de presión antrópica, la eutrofización, se usaron distintos radiómetros (Biospherical C-OPS vs. GUV-511 y ELDONET), distintos métodos para estimar la cantidad de fitoplancton (fluorescencia in vivo con sonda bbe FluroProbe

vs. extracción con acetona), y además se trabajaron en distintas épocas del año – con menor transparencia en época lluviosa y mayor transparencia en época seca). Para precisar las respuestas ambientales históricas del Lago Menor frente a un escenario de cambio global, sugerimos combinar observaciones a largo plazo con estudios experimentales, eliminando en lo posible la contribución de los sesgos metodológicos. Más aún, es evidente la necesidad de realizar estudios que incorporen los efectos sobre los organismos y ecosistemas de variables múltiples que puedan ser afectadas por el cambio global.

En este sentido, y a modo de ejemplo, nuestras actuales investigaciones en lagos de altura de España (Helbling et al., 2013), han demostrado un efecto sinérgico entre la mezcla vertical y la RUV, con un incremento de la inhibición fotosintética y excreción de carbono orgánico en lagos oscuros, en comparación con lagos claros. Sin embargo, con el aporte de nutrientes este patrón se revirtió, y los lagos claros tenían una mayor inhibición

que los oscuros, y estos últimos se beneficiaron con la radiación fluctuante debido a la mezcla vertical.

Es obvio que no es posible extrapolar los resultados obtenidos en otros sistemas dadas las respuestas especie-específica que muestran los organismos. En cualquier caso, es claro que, ante cambios en las variables como los ya mencionados, se produzca un nuevo balance, en el cual algunos organismos se verán beneficiados y otros perjudicados, lo cual afectará significativamente las tramas tróficas y el ecosistema en general, con el concomitante impacto en la economía regional.

(1) Estación de Fotobiología Playa Unión, Casilla de Correos 15 (9103) Rawson, Chubut, Argentina, Ph: 54 (280) 4498019, www.efpu.org.ar

(2) IRD, UMR 7208 BOREA, Muséum National d'Histoire Naturelle, 61 rue Buffon, 75231 Paris, Francia, <http://www.bolivia.ird.fr/>

(3) Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA), Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Campus de Cota Cota, La Paz, Bolivia; Cel. +(591) 60 76 04 20

“Uso de imágenes satelitales para el monitoreo ambiental del Lago Titicaca”

Instituto del Mar del Perú - IMARPE
Sede Central Lima

MSc. Piero Rafael Villegas Apaza

El lago Titicaca se encuentra en el altiplano compartido por Perú y Bolivia a una altura de 3800 aproximadamente y es fuente de riqueza tanto en recursos naturales, paisajísticos, turísticos, y por tanto es la base de la economía de diversas comunidades que se asientan alrededor.

Los estudios de la calidad el agua del lago y sus variaciones estacionales e interanuales son, por esa razón de suma importancia para comprender los cambios que se producen en la disponibilidad de sus recursos y su aprovechamiento.

En el presente estudio se propone el uso de un sistema de monitoreo satelital de algunas variables limnológicas que, complementados con evaluaciones en el campo podrían dar una idea más global de las variaciones temporales que ocurren, ya sean de forma natural o inducidas por el hombre. Dicho sistema está basado en el uso de los sensores MODIS a bordo de los satélites Aqua y Terra, los cuales son capaces de registrar información de Temperatura Superficial, Clorofila y Color del Agua en forma diaria, y de los sensores TM y ETM+ a bordo de

los satélites Landsat.

Se presentan promedios estacionales de la información MODIS de los parámetros antes mencionados, durante el periodo 2000 - 2011, los cuales presentan una variación estacional de la temperatura muy marcada con diferencias de hasta 8°C entre invierno y verano. Respecto a la clorofila se observan los valores más altos en verano por la mayor abundancia de fitoplancton, probablemente causado por la mayor temperatura y descarga de nutrientes de los ríos al interior del lago. Sin embargo se observan valores altos en las principales bahías durante todo el año.

Con la información MODIS registrada en el rango de la luz visible es posible observar los cambios en la coloración del agua tal y como se observa naturalmente. Con ellos se observa en un reciente periodo de tiempo como ocurren cambios en el tamaño y dirección de la pluma de sedimentos descargados por los principales ríos.

El uso de la información Landsat se restringió a la evaluación de los cambios históricos en el hábitat litoral de la

II Simposio Internacional del **Lago Titicaca-TDPS**

...una responsabilidad compartida



DOCUMENTO PRELIMINAR **Ponencias en resumen para** **compartir...**



Puno - Perú

7, 8 y 9 de marzo del 2013

Escuela de Post Grado
Universidad Nacional del Altiplano

www.simposiotiticaca.org



Publicado por la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz - Bolivia.

Copyright @ DOCUMENTO PRELIMINAR Ponencias en resumen para compartir...

Comité Editorial:

Ing. Jorge Peña Méndez

Autoridad Binacional del Lago Titicaca - ALT
jpena@alt-perubolivia.org

Dr. Xavier Lazzaro

Instituto de Investigación para el Desarrollo - IRD
xavier.lazzaro@ird.fr

Lic. Jorge Quintanilla Aguirre

Universidad Mayor de San Andrés - UMSA
hidroqui@gmail.com

Ing. Edwin Maydana Iturriaga

Autoridad Binacional del Lago Titicaca - ALT
emaydana@alt-perubolivia.org

Blgo. Hugo Víctor Treviño Bernal

IMARPE Sede Puno
htrevino@imarpe.gob.pe

Coordinación, edición y creatividad:

Ing. Carlos Andrade Pareja

Autoridad Binacional del Lago Titicaca - ALT
c_andrade@alt-perubolivia.org
carlosandradepareja@yahoo.com
Cel. Bolivia: (00591) 73216405
Cel. Perú: (0051) 951298186

Av. 20 de Octubre No 2782 - Zona San Jorge.
Teléfonos: (005912) 2431493 - 2430881
Casilla Postal: 12957
www.alt-perubolivia.org
www.simposiotiticaca.org
La Paz - Bolivia

Los contenidos de cada resumen reflejan el enfoque individual y colectivo de cada autor, producto de investigaciones, estudios y análisis; como también experiencias profesionales y/o institucionales desarrolladas en el quehacer técnico-científico.

Está autorizada la reproducción parcial o total del contenido para fines estrictamente académicos investigativos, con la condición que se identifique la autoría y remita a la Comisión Organizadora un ejemplar para archivo bibliotecario.

La presente edición, contiene los resúmenes presentados hasta el 25 de febrero, de acuerdo a los lineamientos de la organización.



Comisión Organizadora

Autoridad Binacional del Lago Titicaca - ALT
Autoridad Nacional del Agua del Perú
Empresa de Saneamiento de Puno - EMSAPUNO SA
Gobierno Regional de Puno
Ministerio del Ambiente del Perú
Municipalidad Provincial de Puno
Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca - UANCV
Universidad Nacional del Altiplano Puno - UNA

Comité Técnico-Científico

Ministerio de Agricultura del Perú
Ministerio del Ambiente del Perú
Ministerio de Relaciones Exteriores del Perú
Autoridad Binacional del Lago Titicaca - ALT
Autoridad Nacional del Agua del Perú
Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca - PELT
Instituto del Mar del Perú - IMARPE
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI Perú
Gobierno Regional de Puno
Dirección Regional de Producción de Puno
Reserva Nacional del Titicaca - SERNANP
Municipalidad Provincial de Puno
Municipalidad Provincial de San Román del Perú
Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca - UANCV
Universidad Nacional del Altiplano Puno - UNA
Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento - SEDA JULIACA
Empresa de Saneamiento de Puno - EMSAPUNO SA
Capitanía de Puerto de Puno
Ministerio de Relaciones Exteriores de Bolivia
Servicio Nacional de Riego de Bolivia
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI Bolivia
Universidad Mayor de San Andrés de La Paz
Instituto de Hidráulica e Hidrología de la UMSA
Instituto de Investigaciones Químicas de la UMSA
AECID - España.
Agua Sustentable de Bolivia
Instituto de Investigación para el Desarrollo - IRD Francia
Pro Lago USAID Bolivia
Red Internacional de Organismos de Cuencas - RIOC
Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN

Comité de Coordinación General

Autoridad Binacional del Lago Titicaca - ALT
Av. 20 de Octubre esq. Campos Nro. 2782
Teléfonos: (00591) 2431493 - 2430881
Casilla postal: 12957
Web: www.alt-perubolivia.org
La Paz - Bolivia

Ing. Jorge Peña Méndez
Presidente Ejecutivo a.i. de la ALT.

Ing. Edwin Maydana Iturriaga
Director de la UMGIRH de la ALT.

Ing. Carlos Andrade Pareja
Coordinador General.