



Enlace la Conferencia EGAL: [www.egal2017.bo/programa/](http://www.egal2017.bo/programa/)

Enlace directo del Workshop (ver FOROS):

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ou8N7aR7VVFpsxZ7PAgw87l-i0DiP0UxNjdFDrxgfnC/pubhtml#>

Enlace del Workshop en el sitio del IRD en Bolivia: <http://www.bolivia.ird.fr/ird-sites-de-representation/bolivia/toda-la-actualidad/coloquios-y-manifestaciones/workshop-observatorio-lago-titicaca-interacciones-entre-la-calidad-del-agua-urbanizacion-migraciones-y-cambio-climatico-egal-2017>



## WORKSHOP OBSERVATORIO LAGO TITICACA INTERACCIONES ENTRE CALIDAD DE AGUA, MIGRACIONES/URBANIZACION Y CAMBIO CLIMATICO

LUGAR: Salón “Kurmi”, Hotel Real Plaza & Convention Center (ex Radisson)

FECHA: Viernes 28 de abril de 2017

HORA: 9:00 – 13:00 / 14:00 – 17:30

COORDINADORES: Xavier Lazzaro (BOREA/IRD, [xavier.lazzaro@ird.fr](mailto:xavier.lazzaro@ird.fr)) & Mario Polar (AFIMC/IMARPE, [mariopolargeo@gmail.com](mailto:mariopolargeo@gmail.com))

CO-COORDINADORES: Javier Nuñez (IIGEO/UMSA, [darioacha@yahoo.ca](mailto:darioacha@yahoo.ca)) & Darío Achá (IE/UMSA, [jnunezvallalba@gmail.com](mailto:jnunezvallalba@gmail.com))

### CONTEXTO

**Rápido crecimiento urbano andino** – La población total en la región andina (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú) ultrapasa 98 millones. Las orillas del Lago Titicaca albergan > 3 millones de habitantes.

**El Alto, la expansión urbana más rápida del mundo** – El Alto, la ciudad mas alta del mundo (4.150 m) tiene una densidad comparable a las de México y Nueva Delhi. Con una población actual de 1,2 millón, su tasa de crecimiento promedio anual es una de las más altas del mundo (3,9%). En Bolivia, la sequía de 1983-1985 y la crisis económica de 1985-1990 condujeron al cierre de las minas de estaño, dando lugar a olas migratorias de la población rural. La rápida expansión urbana continúa hoy, dada la disponibilidad de tierras agrícolas de bajo valor y la reducción en el tamaño de las parcelas que se han



vuelto no rentables. El Alto alberga la mayoría de las industrias manufactureras en las tierras altas de Bolivia. Es una zona dominada por una población indígena esencialmente Aymara, y Quechua, que emigró de las zonas rurales, sobre todo de los alrededores del lago Titicaca. La población de El Alto-Viacha y ribereña del Lago Menor es extremadamente vulnerable a los cambios globales y tiene poca resiliencia. De hecho, la mitad es pobre, y  $\frac{1}{4}$  muy pobre o sea que tiene problemas diarios para resolver sus necesidades básicas.

**Impactos antrópicos y climáticos en la cuenca del Lago Titicaca** – El Altiplano se caracteriza por temperaturas anuales promedio de 3-6°C, >100 días de heladas/año, una radiación solar muy intensa, una larga estación seca alternada con lluvias irregulares, una estacionalidad interrumpida por los fenómenos climáticos ENSO y La Niña. Para esta región montañosa tropical (16°S, 3.810-4.150 m), el IPCC predice un calentamiento global extremo de 4 °C hacia 2100, o sea un aumento de casi 1,5 veces más alto que el promedio global. Los glaciares de la Cordillera Real están retrocediendo, de los cuales los pequeños desaparecen, comprometiendo las reservas de agua para el consumo humano.

**Deterioro de la calidad de agua y de los recursos del Lago Titicaca** – El Titicaca es el mayor lago de agua dulce de América del Sur (8.562 km<sup>2</sup>, 15 veces el lago Lemán) y el más alto de los Grandes Lagos (3.810 m). Siendo endorreico, es un 'hotspot' de biodiversidad y endemismo. Comparado con los lagos situados al nivel del mar, su funcionamiento ecológico se ve alterado por su baja concentración de oxígeno disuelto a saturación (-30%), la intensa radiación solar incidente (+ 30%) y la gran amplitud térmica diaria (hasta 20°C). En Bolivia, la cuenca del río Katari es el principal colector de las aguas residuales de El Alto y el principal afluente del Lago Menor. Drena toda la contaminación minera, industrial y doméstica hacia la somera bahía de Cohana ( $\leq 1$  m). Su abundante vegetación acuática deteriorada y en regresión pierde su eficiencia de filtro biológico natural. Puchucollo, la única planta de tratamiento de aguas residuales, es obsoleta e insuficiente para tratar todas las aguas residuales. La creciente urbanización del litoral norte del Lago Menor tampoco cuenta con plantas de tratamiento. El alargue de la estación lluviosa generó la primera proliferación de microalgas (Bloom) en Marzo-Abril 2015 que se extendió a la mitad del Lago Menor provocando la muerte masiva de peces. En el Perú, la bahía de Puno en el Lago Mayor recibe las aguas residuales de Puno y Juliaca (~400.000 habitantes). También carece de plantas de tratamiento de agua, apenas cuenta con lagunas de estabilización ubicadas en la propia bahía. Su deterioro histórico persiste desde los años 1970, con frecuentes proliferaciones de macrófitas flotantes y mortandad de peces.

**Programas de monitoreo e investigación binacionales** – Para comprender el funcionamiento biogeoquímico y ecológico actual del Lago Titicaca, prever su evolución futura y anticipar los eventos extremos indeseables, frente a las presiones de los cambios globales, científicos bolivianos, peruanos y francés colaboran desde 2013 para implementar programas de monitoreo e investigación focalizando el medio ambiente. Hasta ahora en Bolivia han colaborado 6 Institutos de Investigación de la UMSA (IE, IIGEO, IIQ, IHH y LFA) con 5 Unidades Mixtas de Investigación del IRD (UMR GET, BOREA, IGE e ISTERRE) y del CNRS (IPREM). Este esfuerzo resultó en 3 observatorios ambientales: el sistema de monitoreo de la calidad bacteriológica y química del agua de la cuenca Katari (IRD/IGE, IIQ-IHH/UMSA, Plan Director VRHR/MMAyA), el Observatorio Binacional del Lago Titicaca (OBLT; IRD/BOREA, IE/UMSA; financiación PNUD/GEF mediante el MMAyA a partir de 2017) y la red de observación de la calidad de aire de La Paz/El Alto (LFA/UMSA, IRD/IGE); el portal geográfico universitario GeoVisor (IIGEO/UMSA,



IRD/BOREA-DSI-HSM); así como un programa binacional ECERP de evaluación científica de las características limnológicas y de los recursos pesqueros, con expediciones bianuales en todo el lago desde 2015 (IE/UMSA, VRHR/MMAyA, IPD-PACU/MDRyT e IRD/BOREA como equipo boliviano; IMARPE y PELT como equipo peruano; con coordinación transfronteriza de ALT).

**Implicación del componente humano/social** - Para poder controlar el impacto antrópico e implementar acciones de adaptación y mitigación al cambio climático en beneficio de la sociedad, es imprescindible incorporar el componente humano, social, económico y urbanístico (migraciones, expansión, densificación, industrialización, demanda en agua potable, depuración de aguas residuales) en un marco interdisciplinar innovador. Entonces, para incorporar toda la complejidad del socio-ecosistema del Lago Titicaca, se acaba de ampliar nuestro consorcio con la participación de investigadores de otros 4 Institutos de Investigación de la UMSA (CIDES, IIGEOL, IGEMA e IBMB), 2 institutos peruanos (INTE/PUCP, FBQS/UNAP), 3 Unidades del IRD (UMR LPED, PRODIG, SPACE-DEV) y 1 Unidad del INRA (OLA/CARTEL).

**LMI TITICACA** - En base al consorcio constituido (arriba) hemos aplicado a la convocatoria de Laboratorio Mixto Internacional abierta por el IRD, con el LMI TITICACA enfocado a la zona crítica El Alto - Cuenca Katari - Lago Menor, como modelo de urbanización de lagos Andinos. Lastimosamente, nuestra carta de intención no fue seleccionada. Entre las 23 cartas depositadas, el IRD acaba de pre-seleccionar 10 propuestas para llenar una solicitud completa para el 15 de Julio. Frente a esta situación, decidimos seguir en frente, aprovechando este Workshop para fortalecer nuestra colaboración, conocernos mejor, estructurar nuestra propuesta, y buscar nuevas oportunidades y nuevos recursos para comenzar a emprender acciones.

## OBJETIVOS

Este workshop tiene como objetivo  **sintetizar el conocimiento sobre el estado del arte de los desafíos en la zonas críticas El Alto - Cuenca Katari - Bahía de Cohana - Lago Menor en Bolivia y Puno/Juliaca - Bahía de Puno - Lago Mayor en el Perú**. En particular, se trata de identificar los vacíos de conocimientos, las similitudes/diferencias entre las dos zonas, las prioridades para los estudios entre las dos regiones, así como las sinergias y beneficios de combinar enfoques sobre aspectos ambientales y sociales en las investigaciones a fin de conseguir éxito en las acciones.

En la medida de que nuestra carta de intención para el LMI TITICACA no fue seleccionada por el IRD, tenemos que organizar nuestro consorcio a fin de poder presentar un proyecto estructurado para la próxima convocatoria de LMI, así como de otros financiadores. De hecho,  **conservar/recuperar el Lago Titicaca y sus recursos es una prioridad nacional y regional**, como lo han demostrado los **acuerdos presidenciales entre Bolivia y Perú** de la Isla Esteves en Julio 2015 y de Sucre en Noviembre 2016. Con este propósito, tenemos que definir los ejes temáticos, los institutos/Unidades/Grupos involucrados por área temática, los paquetes de trabajo, los responsables, la articulación del proyecto interdisciplinar completo. Así, sugerimos discutir la validez de la organización de nuestra propuesta alrededor de **4 temas científicos**: (i) Los retos del **crecimiento demográfico**; (ii) Los desafíos **en torno del agua**; (iii) Los retos **en torno a los cambios globales**; y (iv) **¿Cuál es la gobernanza en los territorios sostenibles?**

## PROGRAMA RESUMIDO



- 08:30-09:00: Recepción de los participantes.
- 09:00-09:15: Presentación del Workshop – Introducción a los objetivos, temas y perspectivas esperadas.
- 09:15-11:00: 7 presentaciones orales (≤10 min + 5 min de preguntas/respuestas)
- 11:00-11:15: *Pausa para el café*
- 11:15-13:00: 7 presentaciones orales (≤10 min + 5 min de preguntas/respuestas)
- 13:00-14:00: *Almuerzo libre*
- 14:00-15:00: 3 presentaciones orales (≤10 min + 5 min de preguntas/respuestas)
- 15:00-15:15: *Pausa para el café*
- 15:15-16:00: DISCUSIÓN
  - PROPUESTA COLABORATIVA DE INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARES
  - Prioridades de investigación con vista a estrategias de acciones
- 16:15-17:30: DEBATE:
  - IMPLICACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS INTERDISCIPLINARIAS SOBRE MEDIO AMBIENTE Y SOCIEDAD EN LAS ACCIONES
  - Como llevar los logros de la investigación hacia la toma de decisión y la gobernanza, en beneficio de la sociedad?

**PRESENTACIONES:** Agradecemos los coautores por las 17 presentaciones confirmadas.

**RESUMENES:** Para cada ponencia un resumen de máximo 1 página





## DIAGRAMA FUNCIONAL DE LA ZONA CRITICA DE LA BAHIA DE COHANA

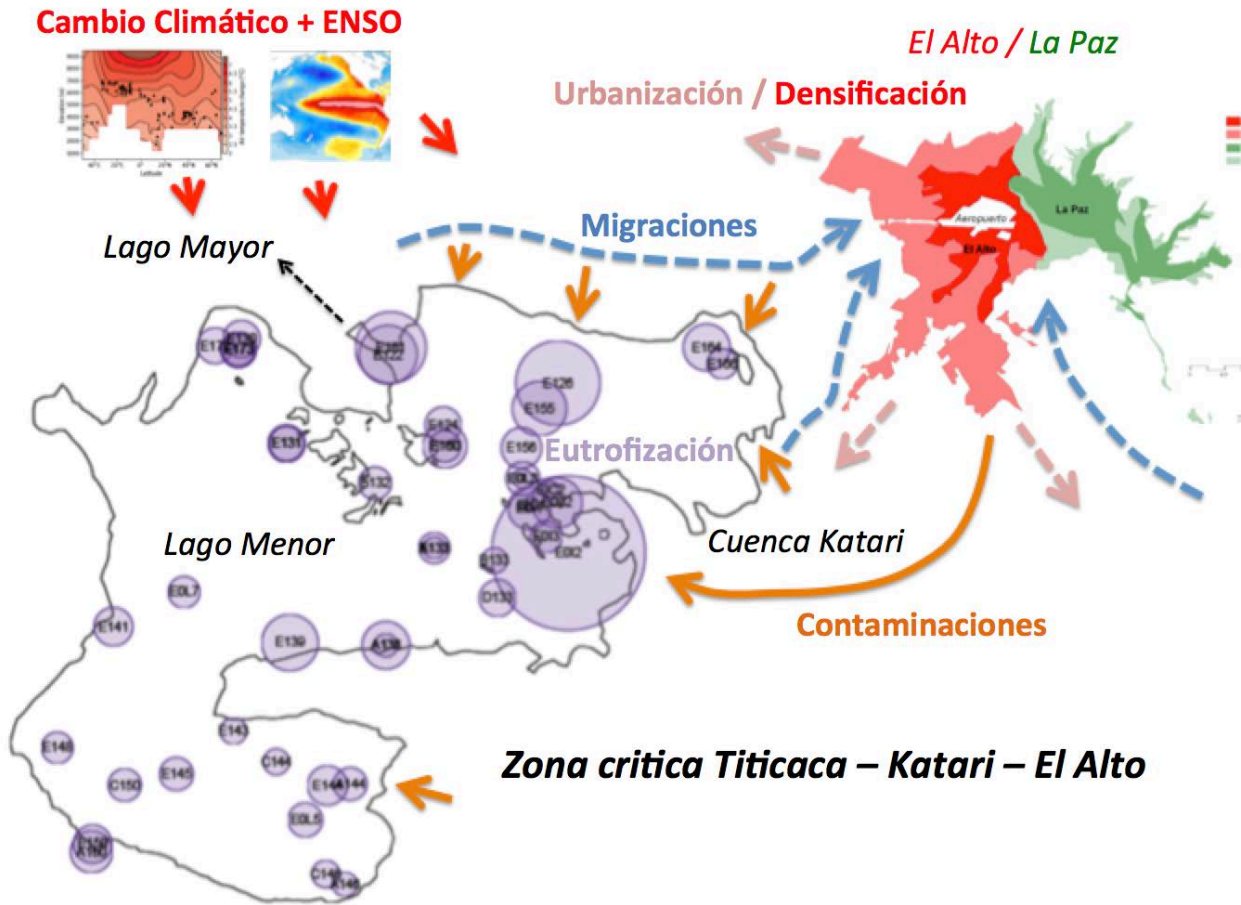


Figura 1. - Lago Titicaca en Bolivia: Zona crítica El Alto - Cuenca del río Katari - Bahía de Cohana - Lago Menor del Titicaca, en un contexto de cambio climático extremo.

Figura 2. - (Elaborar) Lago Titicaca en el Perú: Zona crítica Puno/Juliaca - Bahía de Puno - Lago Mayor del Titicaca, en un contexto de cambio climático extremo.

## DIAGRAMAS DE LAS INSTITUCIONES PARTICIPANTES POR TEMATICAS

Figura 3.- (Elaborar) Organización de los equipos de investigación por temática en la zona crítica boliviana.

Figura 4.- (Elaborar) Organización de los equipos de investigación por temática en la zona crítica peruana.



## **PROGRAMA DEL WORKSHOP OBSERVATORIO LAGO TITICACA**

08:30-09:00 *RECEPCIÓN DE LOS PARTICIPANTES*

09:00-09:15 *PRESENTACIÓN DEL WORKSHOP – INTRODUCCIÓN A LOS OBJETIVOS, TEMAS Y PERSPECTIVAS ESPERADAS*

Xavier Lazzaro (IRD), Mario Polar (IMARPE), Javier Nuñez (UMSA) & Darío Achá (UMSA)

### **PRESENTACIONES ORALES**

Los ejes son indicativos en referencia a la conferencia EGAL.

#### **Eje 8 - Metropolitización, Sistemas Urbanos y su Dinámica.**

[https://admin.egal2017.bo/ponencia/lista\\_tematica/7/](https://admin.egal2017.bo/ponencia/lista_tematica/7/)

09:15-09:30 **1.- DINÁMICAS SOCIALES DE CONSTRUCCIÓN Y OCUPACIÓN DEL ESPACIO EN LA CIUDAD DE EL ALTO. LA INTERFACE URBANO-RURAL**

Patricia Urquieta C. (CIDES/UMSA)

Existe cada vez mayor consenso respecto de la necesidad de superar la dicotomía entre lo urbano y lo rural, y que las interacciones sociales, económicas, culturales y políticas que se dan en la interface urbano-rural pueden ayudar a comprender la compleja dinámica de desarrollo territorial de la ciudad de El Alto. Muchos estudios e investigaciones sobre El Alto se refieren a su rápida y desordenada expansión y a su particular forma de ocupación y organización del espacio que refleja rasgos de identidad aymara junto a fuertes vínculos con el mundo global, mientras mantiene características de espacio periurbano o de "transición" entre lo urbano y lo rural. Estas transformaciones territoriales específicas se analizan desde el mundo de vida del actor social (Long, 2007), incluyendo sus prácticas e interpretaciones culturales.

#### **Eje 10 - Tecnologías de Información Geográfica, Cartografía, SIG, Teledetección e IDEs**

[https://admin.egal2017.bo/ponencia/lista\\_tematica/9/](https://admin.egal2017.bo/ponencia/lista_tematica/9/)

09:30-09:45 **2.- GEOVISOR (UMSA-IRD) PARA EL MONITOREO ESPACIAL DEL LAGO TITICACA**

Javier Nuñez Villalba & Lillian Pacheco Guzman (IIGEO/UMSA)

09:45-10:00 **3.- MONITOREO ESPACIAL DEL LAGO MENOR DEL TITICACA Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LA CIUDAD DE EL ALTO**

Javier Nuñez Villalba & Lillian Pacheco Guzman (IIGEO/UMSA)

10:00-10:15 **4.- GEOVISOR (UMSA-IRD) – MONITOREO DE LA CONTAMINACIÓN DE EL ALTO AL LAGO TITICACA**

Javier Nuñez Villalba<sup>1</sup> & Stéphane Debard<sup>2</sup> (<sup>1</sup>IIGEO/UMSA, <sup>2</sup>IRD/HSM)

#### **Eje 11 - Vulnerabilidades, Gestión de Riesgos, Problemática Ambiental y Cambio Climático.**

[https://admin.egal2017.bo/ponencia/lista\\_tematica/10/](https://admin.egal2017.bo/ponencia/lista_tematica/10/)



**10:15-10:30 5.- MONITOREO DE CONTAMINANTES EN LA ZONA CRITICA DE LA CUENCA KATARI**

Céline Duwig<sup>1</sup>, Gaëlle Uzu<sup>2</sup>, Denisse Archundia<sup>3</sup>, Stéphane Guédron<sup>2</sup>, Jean Martins<sup>1</sup> & Gabriela Flores Aviles<sup>1</sup> (<sup>1</sup>IRD/IGE, <sup>2</sup>IRD/ISTERRE, <sup>3</sup>IIQ/UMSA)

The Katari watershed encompasses mining areas, El Alto city (one of the fastest growing urban areas in South America and the biggest in the Altiplano) as well as agricultural areas. Its outlet is Cohana Bay, one of the most polluted areas of Lake Titicaca. Here we propose an integrative approach (hydrological, physicochemical, chemical and bacteriological) to understand the sources of contaminants and their behavior of this fast changing zone, in which a variety of anthropogenic activities takes place. A variety of instrumentation and monitoring took place during 3 years, to measure precipitation, river flow rates, and contaminants concentrations in rainfall, river waters and groundwater. Both mining and urban areas appear to be sources of metal pollution, in rivers, sediments and wet deposit. Nutrient and bacterial contaminations are mainly related to urban and industrial discharges. Pharmaceutical residues were also detected in river and groundwater, as well resistance genes to antibiotics of the Sulfonamides family. Toxicity index of wet deposit is related to metals concentrations and is high in urban zones. The objective is to use this watershed as a pilot site, in order to study and predict the consequences of global changes in this rapid changing, nevertheless, fragile environment.

**10:30-10:45 6.- LA PROLIFERACIÓN DE MICROALGAS MAGNIFICA LA CONTAMINACIÓN POR METILMERCURIO Y SULFURO DE HIDRÓGENO EN EL LAGO TITICACA**

Darío Achá<sup>1</sup>, Stéphane Guedron<sup>2</sup>, David Amouroux<sup>3</sup>, David Point<sup>4</sup>, Xavier Lazzaro<sup>5</sup> & Pablo Edgar Fernández Saavedra<sup>1</sup> (<sup>1</sup>IE/UMSA, <sup>2</sup>IRD/ISTERRE, <sup>3</sup>CNRS/IPREM, <sup>4</sup>IRD/GET, <sup>5</sup>IRD/BOREA)

**10:45-11:00 7.- DECADE: UN PROYECTO ACERCA DATOS CLIMÁTICOS Y EVENTOS EXTREMOS EN EL ALTIPLANO PERU-BOLIVIANO**

Marcos Andrade (LFA/UMSA)

**11:00-11:15 PAUSA PARA EL CAFÉ**

**11:15-11:30 8.- ESTUDIOS DE LA VARIABILIDAD DE PRECIPITACIÓN: EVALUACIÓN SOBRE LA CUENCA DEL RÍO MAMORÉ**

Luis Blacutt (LFA/UMSA)

**11:30-11:45 9.- RÉGIMEN HIDROLÓGICO DEL RÍO KATARI**

Jorge Molina Carpio & Alvaro Uría (IHH/UMSA)

El río Katari es un tributario del Lago Titicaca y al mismo tiempo emisario de los efluentes pluviales y sanitarios de la ciudad de El Alto por medio de su afluente el río Pallina. Se contó con un registro de niveles en la estación hidrológica de Tambillo, casi completo para el periodo 1972-2012. Sin embargo, el limitado número de aforos (29 durante todo el periodo) dificultó el cálculo de las series de caudales. En ese punto de control, el río Katari drena una cuenca de 2700 km<sup>2</sup> que incluye al río Pallina. El caudal medio estimado para el periodo fue de 2.03 m<sup>3</sup>/s, que corresponde a una lámina de escurrimiento de solamente 23.6 mm/año, la más baja de todas las subcuencas estudiadas en el sistema hídrico TDPS. El río



presenta además una estacionalidad muy marcada, con una relación de 35 entre los caudales medios del mes más húmedo (Febrero) y del más seco (Agosto/Septiembre). No se detecta un efecto de la ciudad de El Alto sobre el régimen hidrológico del río. Por otro lado, no se puede descartar la posibilidad de que los volúmenes de agua trasvasados de la microcuenca Milluni hacia la ciudad de La Paz (en el orden de 0.5 m<sup>3</sup>/s) tengan un efecto de reducción del caudal del río Katari.

La variabilidad interanual del caudal se relaciona débil y negativamente ( $r=-0.23$ ) con la temperatura del Océano Pacífico ecuatorial-central, es decir con El Niño y la región de la EOF1 estudiada por Takahashi et al. (2011). La correlación es más alta para eventos Niño fuertes: temperaturas cálidas del Pacífico ecuatorial provocan déficit de escurrimiento en la cuenca. Se observa una tendencia poco significativa ( $p=0.16$ ) hacia la disminución (-0.9%/año) de los volúmenes anuales que escurren por Tambillo durante el periodo 1972-2012.

#### 11:45-12:00 **10.- ESTUDIO DE LA RESPUESTA FISIOLÓGICA DE LA RANA DEL LAGO TITICACA AL ESTRÉS POR CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

Esther Pérez (FCPN/UMSA)

La rana del Lago Titicaca, *Telmatobius culeus*, enfrenta un declive en su población por diferentes motivos. La más evidente hasta hace pocos años era el uso de sus ancas para su venta como especialidad culinaria y su empleo en medicina tradicional. La introducción de especies exóticas, la fragmentación de su hábitat, las enfermedades emergentes y la contaminación son otros causantes. De las fuentes mencionadas, la contaminación orgánica e inorgánica que ha ido en incremento en los últimos años, sobre todo en el Lago Menor, por su magnitud y ubicuidad actualmente sería la más significativa. La vulnerabilidad de este anfibio se ve incrementada porque tiene la piel altamente permeable y vascularizada, siendo propensa a acumular contaminantes químicos que pueden deprimir su sistema inmune, provocar daños a nivel genético, inducir alteraciones en el desarrollo y disminuir la capacidad reproductiva. Para conocer la respuesta fisiológica de *T. culeus* al estrés por contaminación ambiental a la que está expuesta en el lago Menor, realizamos un estudio exploratorio en animales conservados y algunas muestras capturadas en febrero de este año. La evidencia de malformaciones es baja (uno de 23), y podría explicarse que puede deberse a la contaminación por metales pesados. Un 80% de los ejemplares presentaron parásitos externos (sanguijuelas) y todos los ejemplares analizados presentaron parásitos internos (helmintos y nematodos). Evidencia de un sistema inmune deprimido. Se encontró oocitos testiculares en un ejemplar, se desconoce con exactitud la causa pero no se descarta pueda ser por plaguicidas. No se pudo realizar un diagnóstico respecto a si las frecuencias de anomalías nucleares tiene que ver con la contaminación, por el bajo número de muestras analizadas (cuatro). Si se encontrara evidencia de micronúcleos, nos estarían indicando tempranamente el daño genético provocado por agentes genotóxicos. Si la contaminación en el Lago Menor continúa, podría provocar un daño no sólo irreversible para *T. culeus*, sino para otros organismos que viven el Lago Titicaca. Estos resultados si bien son preliminares, nos sugieren la necesidad de iniciar nuevas investigaciones junto a un monitoreo permanente del estado fisiológico de las ranas en el Lago Menor.

#### 12:00-12:15 **11.- MONITOREO ACÚSTICO DEL LAGO TITICACA, DETECCIÓN, CLASIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y ESTIMACIÓN DE DENSIDADES DE PECES Y MACROZOOPLANTON**





Erick Zender Loayza Torrico<sup>1</sup>, Luis La Cruz Aparco<sup>2</sup> & Jhon Herald Robles Trujillo<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>IE/UMSA, <sup>2</sup>IMARPE-Puno)

Las tecnologías de hoy nos permiten monitorear los ambientes acuáticos de manera cada vez más sistemática, científica y no invasiva. Las herramientas de monitoreo acústico como los sistemas sonar pueden ser montados en ROUV (Remotely Operated Underwater Vehicles), AUV (Autonomous Underwater Vehicles) y plataformas de investigación. La hidroacústica, utiliza la tecnología SONAR (Sound Navigation And Ranging), para la detección, evaluación y monitoreo de objetos físicos y biológicos subacuáticos (presencia o ausencia, abundancia, distribución, tamaño de plantas, comportamiento de los animales acuáticos entre otros), así como para batimetría, y en algunos casos la estructura física de la columna de agua. Esta tecnología ha estado mayormente enfocada a los ecosistemas marinos (Sameoto 1976), pero también es aplicada en cuerpos de agua continentales. Se llegando a utilizar en un estudio piloto en 1976 por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) en el Lago Titicaca, que posteriormente realizó el primer crucero integral de evaluación acústica de los stocks pesqueros en el Lago Titicaca (Johannesson y Vilches 1979). Dicha actividad mejoró desde el año 2006 con la llegada de nuevos equipos y tuvo una mayor importancia para Bolivia desde el año 2015, debido a la realización de cruceros de evaluación hidroacústica binacionales entre Perú y Bolivia, con la participación de especialistas franceses del IRD y el INRA utilizando una ecosonda SIMRAD EY60 de 120 Khz.

Estas evaluaciones están centradas en la cuantificación de la biomasa del stock pesquero. Así creemos necesario realizar estudios periódicos enfocados en el comportamiento y la distribución estacional de la ictiofauna, para comprender patrones espacio-temporales de estas poblaciones tanto litorales como pelagiales. Se toma en cuenta el marco del Procedimiento Operativo Estándar de los Grandes Lagos desarrollado en América del Norte (Parker-Stetter et al. 2009), cercano a la Norma Europea desarrollada para procedimientos hidroacústicos móviles y procesamiento de datos (CEN 2014). Hasta el momento no se conoce a ciencia cierta las características morfométricas de los cardúmenes de ispi (especie nativa *Oresitas ispi*), las posibles migraciones intra-lacustres dentro del Lago Titicaca, ni tampoco la relación de esta especie con la especie introducida pejerrey (*Odontesthes bonariensis*), que se la considera como su directa predatora. Por otro lado, considerando los avances en la detección hidroacústica, también es viable realizar estimaciones del macrozooplancton, lo cual podría resultar como un indicador más del cambio en la abundancia del fitoplancton.

**12:15-12:30 12.- USO DE INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA COMO MECANISMO DE IDENTIFICACIÓN DE ESTADO, PRESIÓN Y RESPUESTA AMBIENTAL EN EL LAGO TITICACA**

Mario Polar (IMARPE)

**12:30-12:45 13.- ESTRUCTURA ESPACIAL DE LAS CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS Y ECOLÓGICAS DEL LAGO MENOR DEL TITICACA – CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN Y DE LA EUTROFIZACIÓN?**

Xavier Lazzaro<sup>1</sup>, William Gustavo Lanza Aguilar<sup>2</sup>, Magda Pamela Alcoreza Ortiz<sup>2</sup>, Ana Julia Flores<sup>2</sup>, Lucy Adilen Fernández Paz<sup>2</sup>, Pablo Edgar Fernández Saavedra<sup>2</sup>, Erick Zender Loayza Torrico<sup>2</sup>, Carla Ibañez Luna<sup>2</sup>, Giovanna Rocabado<sup>3</sup>, Cedric Hubas<sup>4</sup>, Dominique Lamy<sup>5</sup> & Darío Achá<sup>2</sup> (<sup>1</sup>IRD/BOREA, <sup>2</sup>IE/UMSA, <sup>3</sup>VRHR/MMAyA, <sup>4</sup>MNHN//BOREA, <sup>5</sup>UPMC/BOREA; con el acuerdo del VRHR/MMAyA)



A pesar de sus características únicas, el Lago Titicaca es el último de los Grandes Lagos en no contar con un monitoreo continuo a largo-plazo. Por ser tan somero, directamente impactado por la creciente urbanización de El Ato/Viacha y el cambio climático extremo a esta altura, el Lago Menor es la región la más vulnerable del Lago Titicaca. En el ámbito del programa binacional ECERP de evaluación de la calidad de agua y de recursos pesqueros, realizamos una expedición (Ago. 2016) para caracterizar el estado ecológico del Lago Menor en toda su extensión a partir de mediciones y coletas de agua en 50 estaciones representativas. Nuestro objetivo era definir una red de monitoreo para el Lago Menor e identificar la zonas de mayor riesgos de eutrofización, o sea con exceso de materia orgánica pudiendo generar la proliferación de algas, siendo estas condiciones dañinas para el funcionamiento correcto del ecosistema y las actividades humanas.

Analizamos desde parámetros bio-físicos, a estructuras de comunidades de plancton en la columna de agua, macroinvertebrados en el fondo y peces. Utilizamos ciertas variables clave (saturación en oxígeno disuelto; turbidez; profundidad de la zona eufótica; actividad de las bacterias sulfato-reductoras; fluorescencia de la clorofila-a; dominancia de Chlorophyta, Dinophyta y Cyanobacteria en el fitoplancton; dominancia de zooplancton herbívoro; índice BMWP/Bol de los macroinvertebrados), como (bio)indicadores e índices del deterioro del funcionamiento ecológico. Nuestros resultados identifican unas 13 zonas que requieren mayor atención. Las de mayor riesgos son la Bahía de Cohana, la región de las islas, el litoral norte de la península de Taraco y la desembocadura del río Tiwanaku.

Recomendamos (i) perfeccionar nuestros (bio)indicadores en índices apropiados para el Lago Titicaca, en conformidad con las normas internacionales, particularmente desarrollando índices de alerta temprana; (ii) hacer permanente esta red de monitoreo binacional con una frecuencia bianual; (iii) sincronizar la red de monitoreo del Lago Menor con la red de monitoreo de la cuenca Katari, por su extensiva contribución en la contaminación y eutrofización de la región de bahía Cohana; y (iv) garantizar la calidad, la actualización y la validación de los datos, el análisis de tendencias, la modelación de escenarios futuros, así como su uso no solamente para la investigación científica, si no también en la toma de decisión para la gestión, y la educación / sensibilización de la sociedad (del nivel local, al nacional y regional) para aumentar la resiliencia y adaptación al cambio global particularmente intenso en el Altiplano norte.

#### 12:45-13:00 **14.- MONITOREO DE CIANOBACTERIAS Y DINOFLAGELADOS COMO RESPONSABLES DE FORMACIONES DE FLORACIONES ALGALES EN LA BAHIA DE PUNO – LAGO TITICACA (Febrero-Noviembre 2016)**

Carmen Villanueva, Cesar Gamarra, Yanet Coila Rojas & Humberto Siguyro (IMARPE - Laboratorio Continental de Puno)

El monitoreo de floraciones algales no sólo constituye un tema de instrumentos o técnicas sofisticadas, sino también de percepción y observación cuidadosa y continua por parte de observadores locales, que apoya al entendimiento de ocurrencias de “emergencias ambientales” generadas por problemas de eutrofización, que puedan darse por procesos naturales, alteraciones y disturbios externos debido a las actividades antrópicas, que ocurren con mayor frecuencias en ecosistema acuáticos cercanos a una población como son las bahías, El objetivo general del presente estudio fue monitorear y determinar la ocurrencia de las floraciones algales nocivas e inocuas (Cianobacterias y Dinoflagelados). El área de muestreo comprendió las zonas de Bahía Puno (interior y exterior) y desembocadura del río Coata. Se colectaron un total de 200 muestras con una periodicidad de muestreo mensual en 10 estaciones



preestablecidas. Se han observado floraciones de cianobacterias durante los meses de febrero y marzo (periodo lluvioso) y mayo a julio (periodo seco), representado por las especies *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena spiralis*, *Gomphosphaeria pusilla*, *Limnographis robusta*, *Nodularia herbayana*, *Nodularia inca* y *Oscillatoria* sp. Con mínimos de  $1,9 \times 10^3$  Indv/m<sup>3</sup> para la especie *Nodularia inca*, registrado en la bahía exterior, y máximos valores para las especies *Gomphosphaeria pusilla* y *Anabaena spiralis* registrado en la zona de bahía interior y Desembocadura del río Coata durante el mes de junio y cuyas concentraciones variaron entre  $2,8 \times 10^6$  y  $3,9 \times 10^6$  Indv/m<sup>3</sup>. Entre agosto a noviembre se observó una tendencia decreciente de la abundancia relativa y cambios en la frecuencia de distribución espacial de las cianobacterias. Los dinoflagelados; representados por *Ceratium Hirundinella*, *Peridinium* sp y *Glenodinium* sp, alcanzaron su mayor incidencia durante los meses de marzo, abril, agosto setiembre y noviembre, presentando valores mínimos de  $2,5 \times 10^3$  Indv/m<sup>3</sup> durante agosto (bahía exterior) y máximos de  $4,1 \times 10^7$  y  $2,9 \times 10^6$  (desembocadura del río Coata y bahía interior), paralelamente se observó una coloración rojizo oscuro, ocasionado por la especie *Ceratium hirundinella* que se encontró en toda la zona litoral de desembocadura del Coata durante los meses de marzo y abril, esta especie es conocida como agente de mortandad de peces que se ha ido reportando como parte integrante de la comunidad fitoplanctonica durante todos los meses evaluados.

Palabras clave: Floración algal, Cianobacterias, dinoflagelados, temperatura, Lago Titicaca.

13:00-14:00 **ALMUERZO LIBRE**

14:00-14:15 **15.- VARIABILIDAD TEMPORAL DE LA TEMPERATURA ENTRE LOS PERÍODOS 1973 Y 2016 Y LA DISTRIBUCIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS LIMNOLÓGICOS DEL LAGO TITICACA, SECTOR PERUANO**

Humberto Siguyayro, Cesar Gamarra & José Pasapera (IMARPE - Laboratorio Continental de Puno)

El Lago Titicaca es un ecosistema acuático con variados componentes biológicos, los cuales constituyen valiosos recursos naturales susceptibles de aprovechamiento socioeconómico y vulnerable a los cambios ambientales influenciados por la actividad antrópica, por consiguiente, la temperatura es considerada la variable más importante en un ecosistema acuático, ya que afecta en forma directa o indirecta la dinámica y la distribución de los factores abióticos, bióticos y el metabolismo de los organismos.

El presente estudio contempla la evaluación de la variabilidad térmica entre los periodos de 1973 y 2016 con el objetivo de conocer los cambios tendenciales de la temperatura en la columna de agua del lago Titicaca y el efecto en la distribución del oxígeno disuelto, pH, nutrientes y clorofila-a. El estudio se efectuó mediante comparaciones de la distribución vertical de la temperatura de los periodos 1973 realizado por la expedición científica realizada por Iltis (1981) y después de 43 años (2016) por IMARPE (Laboratorio Continental de Puno), frente a la Isla Soto en el lago Mayor. Los resultados mostraron un incremento de la temperatura del lago entre 1973 y 2016, así mismo al parecer se presentó temperaturas ambientales tempranas y calientes, que registrarían periodos más largos de estratificación y termoclinas más profundas, así como una mezcla incompleta más corta, es decir, la temperatura superficial del lago registró una media de 13,0 °C en junio y 15,3°C en marzo del lago Mayor (IMARPE, 2016) estos valores fueron elevados en 1,75 y 1,0°C respecto a las mediciones (11,25 °C en julio y 14,30 °C en marzo) realizadas entre 1977 y 1979 por Carmouze et al., (1983). La columna de agua en periodos de mezcla mostró una leve estratificación entre 110 a 120 m de profundidad, según Iltis (1981) observó a una



profundidad de 60 – 100 m, sin embargo, en perdidos de estratificación (3 isotermas) diciembre y marzo, la fuerza de la termoclina (rango 2,0°C) se observó entre 25 y 75 m de profundidad, siendo la temperatura media 12,1°C registrada en el hipolimnion en marzo de 2016, que se incrementó en 1,0°C respecto a los valores de 11,5°C observados por Richerson hace 43 años, esto podría estar asociado al incremento de la temperatura ambiental (cambio climático). Se observó una mezcla incompleta del oxígeno disuelto en zonas profundas del lago Mayor, Carmouze et al., (1984) en 1979 observó la presencia de mezcla incompleta de este gas. Cerca de la superficie (donde se desarrolla la fotosíntesis) el oxígeno disuelto mostró un contenido relativamente elevado hasta 100 m de profundidad, mostrándose una oxiclina muy reducida (discontinuidad de 100 a 125 m aproximadamente), Richerson et al. (1975) en 1973 observó una ausencia de mezcla por encima de los 100 m. En el hipolimnion no mostró anoxia, la curva resultante del oxígeno, así como la temperatura del lago mostraría un perfil clinogrado. El pH expresó una tendencia alcalina (8,40) disminuyó ligeramente respecto a lo observado por Richerson et al., (1977) en 1973 en periodo de isoterminia (8,50). La máxima de la clorofila-a, se presentó a partir de los 20 m aproximadamente con una ligera disminución hasta 110 m (presencia de una leve termoclina y oxiclina en junio), a partir de esta barrera mostró un decaimiento extremo en el hipolimnion. Las concentraciones mayores de fosfatos y nitratos fueron observadas en el hipolimnion desde los 150 m de profundidad. Los valores de silicato para el lago Mayor en la franja de la superficie fueron bajos respecto a los valores obtenidos en el hipolimnion (> 3,0 mg/L), presentando una gradiente más acentuada en el fondo, Richerson et al. (1977), en julio de 1973 observó una gradiente más acentuada del fondo hacia la superficie favoreciendo la difusión hacia arriba indicando un crecimiento elevado de las diatomeas.

#### 14:15-14:30 **16.- GESTIÓN INTEGRAL DE LA BIODIVERSIDAD EN SITIOS RAMSAR Y ECOSISTEMAS ESTRATEGICOS, COMPONENTES Y SISTEMAS DE VIDA**

Giovanna Rocabado, Enrique Domier & Juan Pablo Jose Torrico (DGBAP-VMABCCGDF/MMAyA)

La Ley de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien fue aprobada como Ley marco que le otorga un carácter de notable relevancia ya que se constituye en la disposición matriz que dará a luz a las normas legales sectoriales específicas (por ejemplo: bosques, agua, medio ambiente, minería, hidrocarburos, etc.) que deben ser promulgadas en el país en los próximos años, en el marco de la nueva Constitución Política del Estado emergente del proceso de cambio en Bolivia. La Ley define al Vivir Bien como el horizonte civilizatorio y cultural alternativo al capitalismo, que significa la construcción de un nuevo orden ambiental, social, cultural y económico basado y emergente de la visión histórica de los pueblos indígenas.

La Ley No 300 consolida al paradigma del Vivir Bien en el marco de la gestión pública intercultural como la base del conjunto de las acciones que orientan la gestión pública y la articulan con el proceso de reconocimiento de los derechos de la Madre Tierra establecida en la Ley No. 071. Para la implementación operativa del Vivir Bien en armonía y equilibrio con la Madre Tierra se ha adoptado el enfoque de los Sistemas de Vida de la Madre Tierra, el mismo que permite poner en práctica un proceso de acción territorial basado en la complementariedad e interdependencia de derechos. El enfoque de los Sistemas de Vida de la Madre Tierra supone avanzar en la aplicación de los cuatro grupos de derechos establecidos en la Ley 300 relacionadas con las capacidades de regeneración de las funciones ambientales que generan





vida: agua, bosques y biodiversidad, el desarrollo de sistemas productivos sustentables, el acceso universal a los servicios básicos y el fortalecimiento de las visiones socioculturales de nuestros pueblos.

El enfoque de los Sistemas de Vida de la Madre Tierra comprende tres etapas articuladas:

- *Caracterización de los sistemas de vida.* Un sistema de vida hace referencia a la relación entre una zona de vida (unidad geográfica) con la población que habita en ella (unidad sociocultural). Este concepto puede ser interpretado en múltiples escalas (por ejemplo: local, regional, nacional).
- *Acuerdos de complementariedad con la Madre Tierra.* Constituyen compromisos de los actores públicos, comunitarios y privados en los ámbitos territoriales que identifican el cumplimiento con el respeto a los derechos de los seres humanos y la Madre Tierra, los objetivos y metas de manejo integral y sustentable en cada sistema de vida con enfoque de mitigación y adaptación al cambio climático, así como las acciones y contribuciones monetarias y no monetarias para alcanzar dichas metas.
- *Armonización de los sistemas de vida.* El ordenamiento y armonización de los sistemas de vida de la Madre Tierra consiste en el desarrollo de acciones para fortalecer las relaciones armónicas de los sistemas de vida, así como lograr que en zonas de vida donde se ha roto o está en peligro el equilibrio entre los seres humanos con la naturaleza se restauren las condiciones de equilibrio y complementariedad con la Madre Tierra. Estas tres etapas se implementan en escenarios territoriales específicos y permiten sentar bases sólidas para construir una relación armoniosa entre sociedades y naturaleza, construyendo equilibrios en el marco del reconocimiento de derechos, obligaciones y deberes de la Madre Tierra y de las comunidades, el rol colectivo de las comunidades y de la sociedad, y respetando los saberes y conocimientos locales.

#### 14:30-14:45 **17.- APPROACHES TO STUDIES ON INVASIVE FISHES IN LAKE TITICACA**

Hugh MacIsaac, Daniel Heath & Aaron Fisk (Great Lakes Institute for Environmental Research, University of Windsor, Canada)

15:00-15:15 *PAUSA PARA EL CAFÉ*

## **DISCUSIONES**

#### 15:15-16:00 **PROPUESTA COLABORATIVA DE INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARES**

- TEMAS:**
- Funcionamiento del Lago Titicaca vs. Procesos de migración / urbanización
  - (Bio)indicadores, índices de calidad de agua, de productividad pesquera...
  - Anticipación de eventos extremos
  - Restauración-conservación de áreas degradadas, en relación con
  - Procesos de migración/urbanización
  - Efectos inducidos en el medio ambiente por la urbanización espontánea
  - Sostenibilidad y resiliencia al cambio climático.....



## DEBATE

### 16:15-17:30 **IMPLICACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS INTERDISCIPLINARIAS SOBRE MEDIO AMBIENTE Y SOCIEDAD EN LAS ACCIONES**

- TEMAS:**
- Observatorio binacional socio-ambiental con monitoreo permanente a largo plazo
  - Combinar Monitoreo del Lago Menor / Monitoreo de la Cuenca Katari
  - Compartir experiencias entre Bolivia y Perú / Gestión adaptativa
  - Conservación / restauración del Lago Titicaca
  - Gestión sostenible de sus recursos hídricos e hidrobiológicos
  - En un contexto transfronterizo y de escenarios en curso de urbanización y cambio climático extremos en el altiplano norte.
  - Investigaciones científicas = un herramienta para los tomadores de decisión
  - Investigaciones científicas = un herramienta para informar / concientizar la sociedad

*Este Workshop es participativo.*

Agradecemos su interés y participación. Contamos con su contribución para generar nuevas ideas y perspectivas para promover la sostenibilidad y la resiliencia del socio-ecosistema del Lago Titicaca. En vista de la magnitud de los cambios globales por venir, de la incertidumbre de los mismos a partir de 2030, se vuelve imprescindible incluir una visión a largo plazo (década, siglo) y la innovación (dada la peculiaridad de la región) en la gestión adaptativa. Volver las ciudades sostenibles y menos contaminantes es una mayor prioridad. El primer paso es completar el sistema de alcantarillado y implementar plantas de tratamiento de aguas residuales (domesticas, industriales y mineras), cuyo diseño sea adaptado a las condiciones climáticas y estacionales de la región. También, desde ahora, adoptar nuevos hábitos de vida mas respetuosos del medio ambiente.