





























# EL OBSERVATORIO BINACIONAL DEL LAGO TITICACA (OBLT) EN LA PAGINA WEB DE LA UMR BOREA

por Xavier LAZZARO (IRD/BOREA) - 13/10/2016

Inicio / Equipos / Programas transversales etiquetados / Observatorio Binacional del Lago Titicaca (OBLT)

http://borea.mnhn.fr/sp/OBLT

#### Coordinador

Xavier LAZZARO (IRD/BOREA/RESAQUA & Representación IRD en Bolivia) : <a href="mailto:xavier.lazzaro@ird.fr">xavier.lazzaro@ird.fr</a>

# Responsables fuera de BOREA

Jacques GARDON (Representante IRD, La Paz, Bolivia) : <a href="mailto:jacques.gardon@ird.fr">jacques.gardon@ird.fr</a>

Javier NUÑEZ VILLALBA (IIGEO/UMSA, La Paz, Bolivia): jnunezvillalba@gmail.com

Darío ACHÁ CORDERO (IE/UMSA, La Paz, Bolivia): darioacha@yahoo.ca

Gonzalo LORA VEIZAGA (PSLT/MMAyA, La Paz, Bolivia) : loragonzalo@gmail.com

Giovanna ROCABADO (VRHR/MMAyA, La Paz, Bolivia) : giomaar8@gmail.com

Jesús MENDOZA GALARZA (IPD PACU/MDRyT, La Paz, Bolivia): aamuybien@yahoo.es

César GAMARRA PERALTA (LCP/IMARPE, Puno, Perú) : cgamarra@imarpe.gob.pe

Fran LINO TALAVERA (PELT, Puno, Perú): <a href="mailto:franolger@hotmail.com">franolger@hotmail.com</a>

Bratzo KLAUER GARCIA (ALT, La Paz, Bolivia): bklauer@alt-perubolivia.org

#### Personal involucrado en la UMR BOREA

Sylvie Dufour | Tarik Meziane | Hervé Rybarczyk | Cédric Hubas | Dominique Lamy | Marc Pouilly | Thierry Oberdorff | Bernard Hugueny | Najet Thinet | Isabelle Mouas | Isabelle Hascoet

#### Características del Lago Titicaca

Ubicado en el altiplano, entre las dos Cordilleras de los Andes (oriental y occidental), el Lago de montaña que tiene características únicas al nivel Mundial:

- El lago de agua dulce más grande de Sud América: 893 km<sup>3</sup>, 8.300 km<sup>2</sup>, 170 km x 60 km
- El mas Alto de los Grandes Lagos del Mundo (3.810 m s.n.m.)

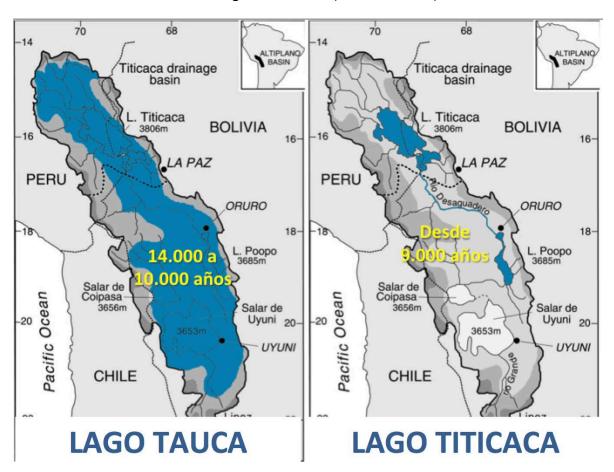


Fig. 1 – Lago Tauca (de 14.000 a 10.000 años) y el Lago Titicaca (desde 9.000 años).

- Uno de los 20 lagos más antiguos, formado tal como se lo conoce hoy en día hace 9.000
  años por una sucesión de lagos después de 3 millones de años de una larga historia
  geológica y de cambios bruscos de clima
- Constituido por el Lago Mayor profundo (promedio 180 m, máximo 280 m) y el Lago Menor somero (promedio 9 m, máximo 40 m), conectados por el estrecho de Tiquina (ancho 900 m, profundidad 40 m)

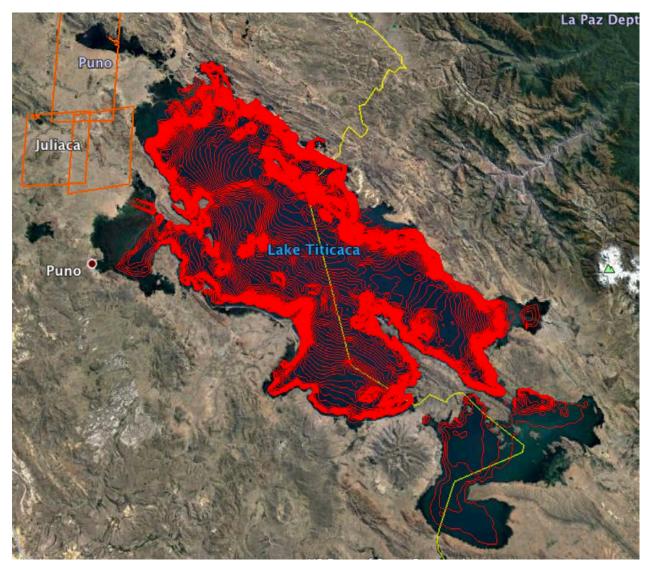


Fig. 2 — Mapa batimétrico del Lago Titicaca. Isolíneas con intervalo de 5 m. La frontera entre el Perú (al Oeste) y Bolivia (al Este) es materializada por la línea amarilla. La región la mas profundad (280 m) se encuentra próximo a la Isla Soto en el Lago Mayor.

 Lago endorreico: 95% del agua son perdidos por evaporación, contra <5% en su desembocadura, el río Desaguadero, que alimenta el lago Poopó hipersalino al sur del altiplano, en curso de desecación debido al consumo excesivo de agua para el riego y la minería

- Su contribución esencial al microclima regional permite el desarrollo de especies animales y vegetales endémicas, y las condiciones ideales para la agricultura y la ganadería
- Estas condiciones excepcionales han llevado al desarrollo de varias de los principales civilizaciones andinas prehispánicas (Pukara, Tiwanaku, Colla Lupaka e Inca).
   Actualmente, > 2,5 millones de habitantes dependen directa o indirectamente de sus recursos naturales
- Sus poblaciones locales, en un estado de pobreza extrema (84% en Perú, 98% en Bolivia), están expuestas a los riesgos de los cambios globales en marcha. La incertidumbre es alta porque los modelos globales de predicción no se aplican debido al extremo relieve del terreno de los Andes y las interacciones complejas del clima (El Niño, La Niña, ZCIT)
- Paradójicamente, el funcionamiento ecológico y biogeoquímico del Lago Titicaca sigue siendo poco estudiado. Dado que el trabajo del IRD (ex-ORSTOM) en los años 1970-1980 (síntesis de Dejoux e Iltis 1991), ningún programa de monitoreo a largo plazo fue coordinado entre las instituciones de Perú y Bolivia fue emprendido par documentar los efectos de las presiones antropogénicas y del desarreglo climático
- El lago Titicaca es un "hospot" de biodiversidad y endemismo. Sin embargo, algunas especies están ahora en peligro de extinción, como la rana gigante *Telmatobius culeus*, los peces del género *Orestias*, y el greba microptera (zampullín) *Rollandia microptera*, entre otros
- Hoy en día, debido a las contaminaciones mineras, industriales y urbanas, los estuarios de los ríos Ramis y Suchez, así como las bahías de Puno, Copacabana y especialmente de Cohana, desembocadura de la ciudad de El Alto (1,2 M hab.), están contaminados y/o eutrofizados, tales como lo analiza la reciente síntesis del IRD - UICN (Pouilly et al 2014)

## Mapa del Lago Titicaca y de las estaciones de monitoreo

 $\frac{\text{https://www.google.fr/maps/place/Lac+Titicaca/@-15.9129113,-}}{70.4260877,8z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x915d9b22f6af7c75:0xf682724d4df71dc!8m2!3d-15.9254!4d-69.3354?hl=fr}$ 



Fig. 3 — Mapa de ubicación de las principales estaciones de monitoreo en el Lago Titicaca : Lago Mayor y Lago Menor (a izquierda) y Lago Menor (a derecha).

#### Porque implementar el OBLT?

El Lago Titicaca en su totalidad nunca ha sido objeto de ninguna vigilancia ambiental continua a largo plazo para predecir su evolución y prevenir, o al menos prever, los eventos extremos indeseables, tales como los Blooms (floraciones), la muerte de peces , la pérdida de biodiversidad, la disminución de la productividad de la pesca. Esto es paradójico dado sus características únicas relacionadas con las condiciones climáticas peculiares del Altiplano, que le permiten ser el lago centinela ideal de los cambios globales en la región.

Por lo tanto, en comparación con las condiciones del nivel del mar, en el lago Titicaca, la concentración de oxígeno disuelto a saturación en el agua es reducido de 30%, mientras que la irradiancia solar global y ultravioleta se incrementa en > 30%. La intensa radiación solar induce una fuerte inhibición de superficie de la fotosíntesis del fitoplancton, una concentración máxima de la clorofila- $\alpha$  en profundidad y impide que el agua superficial se congele en invierno. El amplio rango de temperatura diaria (durante las 24 horas) del aire > 20 °C, con una temperatura del agua  $\ge 5$  °C a la del aire, genera (entre 15:00 y 16:00) una patrón de corrientes térmicas diarias responsables de la mezcla de la columna de agua de las regiones someras.

El conocimiento actualizado se carece de información sobre el funcionamiento trófico del Lago Titicaca y la creciente importancia de los efectos de los cambios climáticos (regresión de los glaciales de la Cordillera de los Andes, trastornos de los patrones estacionales) y antropogénicos (contaminación múltiples, eutrofización, sobrepesca), amplificados durante las últimas dos décadas.

La alta biodiversidad y el endemismo del Lago Titicaca han atraído el interés de los grandes naturalistas, como Alcide d'Orbigny (1826-1833), Alexander Agassiz (1876), Maurice Neveu-Lemaire (1906) y The Percy-Sladen-Trust Expedición de Cary Gilson (1937), luego los estudios multidisciplinarios del IRD (ex ORSTOM) en los años 1970-1990. Sin embargo, la parte boliviana

del Lago Menor ha sido descuidado durante las últimas dos décadas (ver el video de Lazzaro & Aviles 2014; enlace en el documento pdf adjunto) por las investigaciones científicas, llevadas a cabo principalmente por la UMSA, mientras que, en el Perú, el IMARPE ha mantenido desde 2006 las campañas anuales a través de los dos lagos. Este abandono por parte del gobierno de Bolivia, lamentablemente coincidió con la expansión exponencial incontrolada de la zona urbana de El Alto-Viacha, en las afueras de La Paz, iniciada hace unos 15 años.

En la actualidad, las regiones someras, las más vulnerables, tales como la bahía de Puno en el Lago Mayor (Perú) y sobre todo la bahía de Cohana en el Lago Menor (Bolivia), son sometidas a la eutrofización acelerada mediante el desarrollo de las ciudades de Puno-Juliaca, y El Alto-Viacha, respectivamente. Aunque la zona central pelágica profunda del Lago Mayor y gran parte del Lago Menor no hayan perdido su espectacular belleza y magia, y siempre parezcan tan transparentes – la contaminación siendo generalmente invisible – las zonas costeras y someras son las más vulnerables y afectadas. Así, en marzo-abril de 2015, la primera floración (Bloom) de fitoplancton compuesta de Carteria sp., una microalga Clorofícea unicelular flagelada inofensiva, se ha extendida en la mayor parte del Lago Menor de profundidad < 5 m. Este Bloom mato masivamente las especies nativas de peces (Orestias y Trichomycterus) y las ranas gigantes (Telmatobius culeus) ya clasificadas como en peligro de extinción, además de las aves acuáticas. Esta mortalidad resulta de una anoxia causada por la descomposición de cantidades excesivas de materia orgánica y la liberación de H<sub>2</sub>S, una potente neurotóxica, a partir de la mineralización por las bacterias reductoras de sulfato (Achá & Lazzaro 2015, Lazzaro & Achá 2015). La magnitud de este evento extremo ha alertado a las autoridades políticas de Bolivia, en particular el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), que se había alcanzado la capacidad de carga del Lago Menor, en la medida de que el papel desempeñado por el filtro biológico que representan los bancos de macrófitas acuáticas de la bahía de Cohana había pasado a ser insuficiente.

La falta de plantas de tratamiento de las aguas residuales, tanto en Bolivia como en el Perú, hace incontrolables los aportes difusos y puntuales de nutrientes, materia orgánica y contaminantes provenientes de las descargas no tratadas procedentes de la agricultura (pesticidas, fertilizantes artificiales) y de la ganadería, así como de orígenes domésticas, industriales y mineras, como consecuencias del crecimiento demográfico de las poblaciones ribereñas y de los centros urbanos no planificados En toda la cuenca binacional, la población ha alcanzado ahora > 3 millones de habitantes. Esta contaminación por las actividades de los pueblos litorales, pero sobre todo de los 1,2 millones de habitantes de El Alto (previamente un suburbio de La Paz, la capital boliviana), hacia la bahía de Cohana, contribuye en gran medida a la eutrofización orgánica y la degradación asociada a las zonas costeras. Las medidas puntuales de restauración, esencialmente limitadas a la cosecha de *Lemna* sp., las macrófitas flotantes que invaden el espejo de agua, especialmente en la bahía de Puno, sólo producen efectos muy inciertos (Northcote 1989, Beltrán et al. 2015).

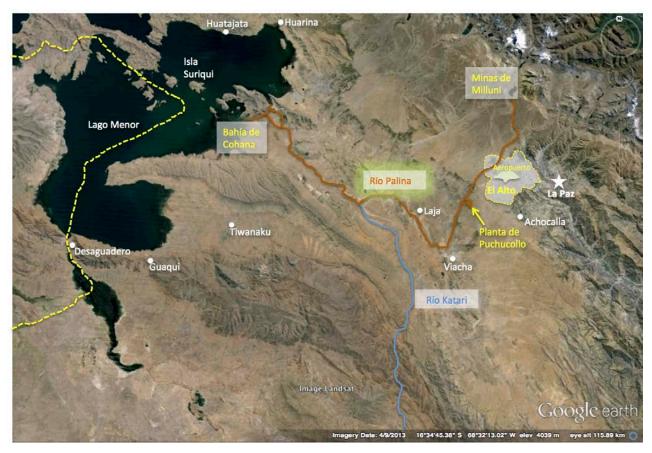


Fig. 4- Trayecto de la contaminación múltiple desde la ciudad de El Alto hasta el Lago Menor : minas de Milluni, ciudad de El Alto, Estación de tratamiento de aguas residuales en Puchucollo, cementera de Viacha, a lo largo del río Palina, luego el río Katari hasta la bahía de Cohana.



Fig. 5 – Evolución del Bloom de Carteria sp. (zona verde) en el Lago Menor después de su paroxismo el 14 de abril de 2015. Imágenes MODIS, satélite Terra/Aqua en colores naturales (sin corrección atmosférica).

En 1941-1942, la introducción de las especies depredadoras exóticas como la trucha arco iris Californiana (*Oncorhynchus mykiss*) y el pejerrey argentino (*Basilichthys bonariensis*), no resulto en el aumento de la productividad de la pesca artesanal, al contrario de lo esperado. Más bien, estas introducciones hubieran podido afectar negativamente a las poblaciones nativas de carachis (*Orestias* spp.), e incluso erradicar la única especie piscívora nativa *O. cuvieri* (Loubens

& Osorio 1988, Loubens 1989, Ibáñez et al. 2014). Sin embargo, en la parte boliviana del Lago Menor, no se puede ignorar el impacto adverso de la pesca indiscriminada.

En el Primer Simposio Internacional del Lago Titicaca (Puno, 2011), las investigaciones sobre la eutrofización así como las actividades de restauración coordinadas entre las instituciones de Bolivia y Perú eran notoriamente ausentes.

En respuesta a esta situación, entre 2012 y 2015 varios proyectos conjuntos fueron implementados entre unas UMR del IRD (BOREA, GET, LTHE, ISTERRE, PRODIG), del CNRS (IPREM) y de EI/UMSA (coordinador D. Achá), para comprender mejor el funcionamiento ecológico, trófico y biogeoquímico actual del Lago Menor, como IDH EUTITICACA, TITICACA SENSORES, ANR LA PACHAMAMA e IDH LATICO2, entre otros (véase más adelante).

Ante el deterioro del noreste de la parte boliviana del Lago Menor y la falta de movilización de las instituciones correspondientes, X. Lazzaro ha dado prioridad a las investigaciones sobre los procesos de eutrofización (que son también las respuestas al cambio global) y desarrollado las estrategias binacionales de monitoreo. Por lo tanto, como organizador científico del Segundo Simposio Internacional del Lago Titicaca (Puno, 2013), como parte de un taller dedicado X. Lazzaro ha propuesto la creación del Observatorio Binacional del Lago Titicaca (OBLT), aprobado por unanimidad de los representantes de las principales instituciones implicadas. Para aclarar las acciones pertinentes, X. Lazzaro ha diseñado y organizado la Primera Conferencia Internacional - Observatorios de Lagos Transfronterizos (La Paz, 2014). Su objetivo era fortalecer las colaboraciones binacionales de investigación y gestión institucional con el fin de establecer un sistema de monitoreo continuo a largo plazo de la calidad del agua y una gestión de los recursos hidrobiológicos, coordinadas entre los dos países sobre una base de conocimientos fiables y actualizados. Para revelar esta iniciativa al nivel internacional, X. Lazzaro coordinó un Side-Event "Desafíos del cambio climático para la cuenca binacional del lago Titicaca (Perú-Bolivia), como parte de la COP20 (Lima, 2014). Esto llamó la atención de la comunidad científica, de los principales donantes internacionales y de la opinión pública sobre la eutrofización acelerada de ciertas partes del Lago. Estos eventos fueron patrocinados por la ALT, el IRD y la UMSA, entre otras instituciones.

Para inscribirse en la estrategia francesa para las infraestructuras de investigación sobre el medio ambiente definida por AllEnvi - Alianza para el Medio Ambiente (alimentación, clima, agua, territorios), X. Lazzaro presento al Departamento DER de IRD una propuesta de creación del Observatorio Binacional del Lago Titicaca (OBLT). En julio de 2015, el IRD evaluó positivamente el OBLT, apoyando institucionalmente este dispositivo ahora integrado en el Plan Director de la ALT, y dándole la Etiqueta IRD "Sur", aunque todavía sin apoyo financiero.

# Los proyectos de investigación que han dado origen al OBLT

• IDH EUTITICACA: eutrofización de la bahía de Cohana con la busca de bio-indicadores tales como el H₂S, anticipando el inicio de los síntomas representados por la propagación de las floraciones (Blooms) de fitoplancton y la expansión de los lechos de macrófitas acuáticas (flotantes) (Achá et al 2013).

- TITICACA SENSORES: monitoreo automatizado de alta frecuencia (15 min, sondas multiparametricas y de fluorescencia de la clorofila-α) en la estación de Huatajata (5 m) y de rutina (20 días, sondas y muestreos de fitoplancton y zooplancton) en las estaciones de Huatajata y Chúa (40 m) (Point et al. 2013).
- ANR LA PACHAMAMA: mecanismos bióticos/abióticos de la metilación/desmetilación del mercurio en la columna de agua y en las interfaces (perífiton, fitobentos, fitoplancton) (Amouroux et al 2012).
- IDH LATICO2: balance de carbono en el Lago Menor (Achá et al 2014).

#### **Objetivos del OBLT**

- Desarrollar investigaciones sobre el funcionamiento ecológico y biogeoquímico del Lago Titicaca, en relación con los cambios globales
- Implementar un monitoreo de automatizado y de rutina para acompañar la evolución del medio ambiente y verificar la efectividad de las medidas adoptadas
- Generar bases de datos de calidad, actualizadas y validadas para las investigaciones de los científicos, la toma de decisiones políticas, al servicio de la sociedad civil (información, educación, mejora de las condiciones de vida)
- Identificar las fuentes y los sitios de la contaminación, sus efectos en la calidad del agua, los balances hidrológicos, los recursos hidrobiológicos y las actividades humanas
- Anticipar los fenómenos extremos y controlar la eutrofización inducida por los cambios climáticos y antropogénicos
- Diseñar y probar unos enfoques de bio-restauración usando la ingeniería ecológica
- Convertirse en un modelo de monitoreo, gestión y gobernanza de los ecosistemas lacustres transfronterizos

## La estructura operacional del OBLT

El primer paso del montaje del OBLT es capitalizar los conocimientos científicos y técnicos adquiridos sobre el Lago Titicaca durante las últimas tres décadas. Además de las publicaciones científicas, se basa en la digitalización en formato pdf de los últimos ejemplares en papel de alrededor de **300 informes institucionales históricos**, antes de que sean imposibles de encontrar, mediante un acuerdo entre el IRD y la UICN, que dio lugar al trabajo de síntesis de Pouilly et al. (2014). Los contenidos numéricos de estos informes serán paulinamente integrados por el IIGEO/UMSA en las bases de datos disponibles del GEOVISOR (véase más adelante).

El segundo paso fue poner en funcionamiento el **portal geográfico universitario GEOVISOR IIGEO**, que es una **Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)**:

El GEOVISOR IIGEO (www.geovisorumsa.com) está dedicado al análisis espacial e
histórica de los resultados de las investigaciones multidisciplinares realizadas en
colaboración entre la UMSA y varias UMR del IRD, incluyendo BOREA, PRODIG, GET,
ISTERRE y LEMAR. El acuerdo marco entre el IRD (ex-ORSTOM) y la UMSA tiene más de
cuarenta años de existencia.

Javier Nuñez, Director de IIGEO, y X. Lazzaro han presentado el proyecto "Desarrollo de herramientas Web para la estabilidad, el control, la producción de análisis y contenidos para los tres geovisores del portal geográfico universitario GEOVISOR IIGEO de la UMSA, La Paz, Bolivia". Este proyecto fue financiado por el programa SPIRALES del IRD en 2015. Para este proyecto, un consorcio fue creado entre IIGEO/UMSA, ADSIB y el proyecto GEOBOLIVIA, asegurando la validación de la información, de los datos y las imágenes presentados, así como el cumplimiento de las normas (incluyendo el uso exclusivo de software de licencia libre, como GeOrchestra) establecido por la autoridad nacional constituida por ADSIB y GEOBOLIVIA, ambos agrupados en la Vicepresidencia del Estado Plurinacional de Bolivia. El GEOVISOR IIGEO se ha convertido en la plataforma académica de referencia nacional y regional acerca del Lago Titicaca en relación con su cuenca, incluyendo la contaminación proveniente de El Alto hasta el Lago Menor (véase más adelante el tutorial de vídeo).

El tercer paso iniciado en 2016 tiene por objeto desarrollar los **diferentes 'módulos' para las observaciones y análisis** (ver el diagrama operativo del OBLT):

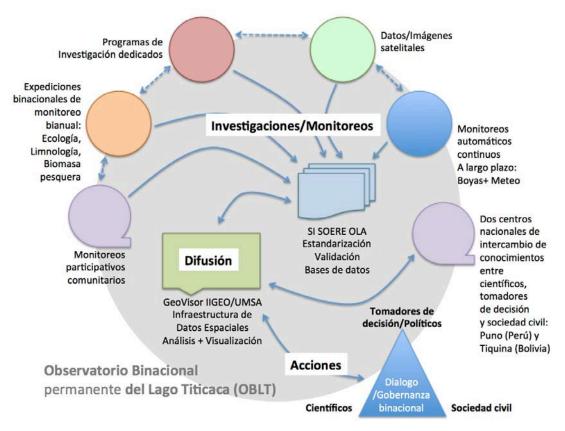


Fig. 6 – Diagrama operacional del OBLT.

- Los programas de investigación dedicados: son todos los programas y proyectos de investigación ejecutados por las distintas instituciones científicas y técnicas de los dos países, en especial las universidades, sobre temas relativos al funcionamiento hídrico, ecológico, limnológico, biogeoquímico y climático del lago Titicaca, en relación con el impacto de las actividades socioeconómicas y culturales (agricultura, ganadería, acuicultura, industrias, minería, urbanización, turismo ...). Parte de estas investigaciones se llevan a cabo en cooperación con unas UMR francesas del IRD (BOREA, GET, LTHE, ISTERRE, PRODIG) y del CNRS (IPREM), sino también con las agencias de cooperación de Suiza (COSUDE), Suecia (ASDI), Bélgica (arqueología subacuática, ULB) y España (AECID, UB, UVEG), entre otras.
- Las expediciones binacionales de monitoreo bianual (ecología, limnología, pesca) como las Expediciones de evaluación de las características limnológicas y ecológicas en el ámbito del programa ECERP (Expediciones Científicas de Evaluación de los Recursos Pesqueros) de ALT y de sus socios científicos institucionales peruanos (IMARPE, PELT) y bolivianos (IE/UMSA, VRHR/MMAyA, IPD PACU/MDRyT, UOB) y el IRD. El equipo de científicos jóvenes asociado con el IE/UMSA ya ha participado en tres expediciones binacionales, en colaboración con sus homólogos del Perú (IMARPE, PELT), en los Lagos Mayor y Menor del 14/07 al 09/08/15, y en el Lago Menor del 21/11 al 12/05/15 y del 02-15/08/16. Actualmente ellos representan el equipo científico boliviano nacional financiado por el VRHR/MMAyA y el IPD PACU/MDRyT: William Gustavo LANZA AGUILAR, especialista del fitoplancton (wilanz66@gmail.com); Magda Pamela ALCOREZA ORTIZ, fitoplancton (diatomeadiva@gmail.com); Ana Julia FLORES CHAMBI, zooplancton (anaflores94@hotmail.com); Adilen FERNÁNDEZ PAZ, macroinvertebrados bentónicos (adilenfp@hotmail.com); Pablo FERNÁNDEZ, H2S como bioindicador de la eutrofización (pablo86fernandez@hotmail.com); Erick Zender LOAYZA TORRICO, hidroacústica y pesca experimental (erickz.loayzatorrico@gmail.com); coordinado por Carla IBAÑEZ LUNA para la ictiología y la pesca (carla.lunallena@gmail.com) y X. LAZZARO para la limnología y las sondas automáticas. Los aspectos fotobiológicos (es decir, los efectos de la radiación UV solar y PAR en las comunidades de plancton) son estudiados en colaboración con Walter HELBLING (whelbling@efpu.org.ar) y Virginia VILLAFAÑE (virginia@efpu.org.ar) de la EFPU, Chubut, Argentina.
- Los datos e imágenes satelitales: Es un reto científico y tecnológico enfrentado en el OBLT. Basado en el uso de la teledetección (satélites LANDSAT8, MODIS, SENTINEL2,3) para el seguimiento de los parámetros de calidad del agua. Tiene como objetivo desarrollar herramientas (productos) a partir de una calibración de las mediciones de campo para estimar particularmente las concentraciones de clorofila-a del fitoplancton (el principal pigmento fotosintético) en todo el lago, sino también la distribución, composición y biomasa de las macrófitas acuáticas (flotantes: por ejemplo, Lemna, Azolla; emergentes: Totora; bentónicas: Chara, Potamogeton) en zonas poco profundas del Lago Menor. Tres equipos contribuyen a estos estudios a diferentes niveles: (a) la Unidad Funcional de Percepción Remota de IMARPE, Lima, Perú (German Roberto VELAOCHAGA CARPIO, gvelaochaga@imarpe.gob.pe y Han XU, hxu@imarpe.gob.pe); (B) EL CES Colores de las aguas continentales (Facilitador Jean-Michel Martínez, IRD/GET,

SORE HYBAM, <u>jean-michel.martinez@ird.fr</u>); (C) el Laboratorio de Observación de la Tierra de la Universidad de Valencia, España (UVEG/LEO), para la Maestría en Teledetección de Marcela PEREIRA SANDOVAL (<u>mps2806@hotmail.com</u>) dirigida por Jesús DELEGIDO GOMEZ (jesus.delegido@uv.es) y Antonio RUIZ-VERDÚ (<u>antonio.ruiz@uv.es</u>) mediante una colaboración con el Laboratorio de Percepción Remota de IIGEO/UMSA (Director Javier NUÑEZ VILLALBA).

- Monitoreos automáticos de largo plazo, a partir de boyas equipadas con una estación meteorológica: Está prevista la instalación de una red de boyas limno-meteorológicas dotadas de sensores (multiparamétrico, fluorescencia) con perfiladores verticales (para las profundidades > 10 m), que serán desplegadas en unas estaciones "claves" en las partes boliviana y peruana del Lago Mayor y Lago Menor. Dado el alto costo de cada unidad y su fiabilidad/viabilidad técnica que tiene que ser comprobada, un proyecto piloto será desarrollado a partir de 2017 (véase más adelante).
- El PROYECTO PILOTO "OBSERVATORIO PERMANENTE": Este proyecto está financiado (2017-2020) por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo hacia la Gestión Integrada de Recursos Hídricos del Sistema Titicaca (GIRH PNUD-GEF). Tiene como modelo el proyecto TITICACA SENSORES de monitoreo de alta frecuencia y constituye la prueba de fiabilidad a escala real de la estrategia de las boyas automáticas (véase más arriba). Este proyecto es coordinado por D. ACHÁ CORDERO (UMSA/IE), Javier NUÑEZ VILLALBA (UMSA/IIGEO), Stéphane GUÉDRON (IRD/ISTERRE, contaminación por metales pesados, paleolimnología stephane.guedron@ujf-grenoble.fr), Céline DUWIG (IRD/LTHE, coordinadora de la red de monitoreo de la cuenca Katari para la modelación del transporte de contaminantes, celine.duwig@ujf-grenoble.fr), X. LAZZARO (IRD/BOREA) y Alexis GROLEAU (IPGP/LGE, biogeoquímica, balance de carbono, groleau@ipgp.fr). Este proyecto consolida el programa prueba de vigilancia ambiental automática continua de alta frecuencia centrado en la eutrofización del Lago Menor proveniente de la contaminación de la cuenca Katari por la ciudad de El Alto a través de la bahía de Cohana. Debe ser accesible a los actores y técnicos clave para desarrollar una experiencia en la caracterización de la evolución ecológica/limnología, y la predicción/anticipación de eventos extremos indeseables.
- El SI SOERE OLA: El sistema de información (SI) del "Observatoire des LAcs" (OLA) está dirigido por Isabelle DOMAIZON (responsable SOERE, isabelle.domaizon@thonon.inra.fr) y Ghislaine MONET (Administradora SI, ghislaine.monet@thonon.inra.fr) INRA/CARRTEL de Thonon-les-Bains (https://si-ola.inra.fr/). La inclusión del Lago Titicaca en el SOERE OLA fue aprobada en la Asamblea General del SOERE OLA en marzo de 2016. El SOERE junta alrededor de una docena de laboratorios alrededor de una evaluación del estado, del funcionamiento y de las trayectorias ecológicas a largo plazo de los ecosistemas lacustres. Los lagos observados históricamente son los grandes lagos peri Alpinos (Léman, Annecy, Bourget y Aiguebelette), mas los lagos del Macizo Central (Aydat, Pavin), del Jura (Remoray), de altitud en los Alpes, y un lago urbano (Créteil). El conjunto de información del SOERE constituye un patrimonio científico de importancia para estudiar la evolución a largo plazo del estado de la biodiversidad y de los impactos de los cambios climáticos y antrópicos. Las bases de datos OLA (físico-química, fitoplancton,

zooplancton, peces) combinan los datos *in situ* de sensores y de análisis obtenidos en el laboratorio a partir de muestras. Una carta de usuario administra los derechos y privilegios basados en el perfil del usuario y de los derechos de acceso definidos por los autores. Colgar los datos del Titicaca en el SI OLA requiere formatearlos según un estándar definido, haciéndolos compatibles con los de otros lagos, garantiza la calidad de la copia y su seguridad de acceso. El SI es un filtro esencial antes de su visualización en el GEOVISOR IIGEO. Queda por adaptar las bases de datos de los proyectos del Titicaca (véase más arriba) al formato del SI.

- Los Monitoreos participativos comunitarios de calidad del agua: Los Ministerios bolivianos (MMAyA, MDRyT), la Universidad Indígena Boliviana Aymara "Tupak Katari" (UNIBOL A-T/K, <a href="http://www.utupakkatari.edu.bo">http://www.utupakkatari.edu.bo</a>) y la iniciativa privada del Instituto IMTD Institute for Multi-Track Diplomacy (Director para América Latina, Adam R. ZEMANS <a href="azemans@imtd.org">azemans@imtd.org</a>), inspirado en el programa de voluntarios en los lagos del Maine en EE.UU. (VLMP), podrán llevar la coordinación al nivel local. Unas mediciones diarias simples podrán ser aplicadas, tales como el oxígeno disuelto, la transparencia (disco de Secchi), la temperatura, en sitios representativos vs. impactado de referencia. Esto ampliará la red de observaciones y sensibilizará a los ribereños locales y el público en general sobre la importancia de la vigilancia para la conservación de los ecosistemas.
- Los Centros nacionales de Intercambio de conocimientos: Para que los científicos, los políticos y la sociedad civil puedan compartir sus conocimientos sobre el Lago Titicaca, socializar los proyectos/programas, comparar opiniones y combinar los conocimientos tradicionales con los enfoques científicos, es necesario tener al menos dos centros de referencia, uno por país, donde organizar talleres y tener acceso a la información. Esto elevará el nivel de educación, la comprensión y por lo tanto hacer que cada categoría de actores sea más responsable y proactiva. El Centro de Puno (Perú), con la presencia de IMARPE, PELT, ALT, y ANA, y el Centro de Tiquina (Bolivia), con el Centro de Piscicultura de IPD PACU (MDRyT) cerca de UNIBOL A-T/K, ambos a la orilla del Lago, son candidatos apropiados. La Paz, donde coexiste la UMSA, el MMAyA e IPD PACU, así como muchas otras instituciones, es otra buena opción, pero muy lejos del Lago y de las poblaciones ribereñas.
- El PROYECTO PILOTO "RESTAURACIÓN POR INGENIERÍA ECOLÓGICA" (GIRH PNUD-GEF): Se pone a prueba la eficacia de la fitorremediación por macrófitas acuáticas como un enfoque complementario al tratamiento sanitario convencional a partir de plantas de tratamiento de aguas residuales. Está coordinado por Susana CISNEROS ARZA (UMSA/IE-CIDES sussycisnerosarza@gmail.com), Susana M. DEL GRANADO (UMSA/IE-INASP, smdelgra@gmail.com), Cristina Ruiz (UMSA/IE-FCPN, cristinaruiz547@gmail.com), Darío ACHÁ (UMSA/IE), Jorge QUEZADA (UMSA/IBMB-FCPN, jorgequezada@yahoo.com), Géraldine SARRET (IRD/ISTERRE, geraldine.sarret@univ-grenoble-alpes.fr), Stéphane GUÉDRON (IRD/ISTERRE), David POINT (IRD/GET, david.point@ird.fr), Céline DUWIG (IRD/LTHE) y X. LAZZARO (IRD/BOREA) para la caracterización de las mejoras biogeoquímicas y ecológicas de la columna de agua del Lago Menor. Este proyecto determinará la capacidad de bioacumulación de metales pesados (Hg, MeHg, Zn, Cu) por los tejidos de la totora (Schoenoplectus californicus spp.) o los grupos de algas (perífiton)

que la colonizan. Se evaluará la producción de H<sub>2</sub>S del sedimento superficial de tres zonas. Esto servirá para optimizar el diseño y la construcción de humedales artificiales y el manejo de los humedales naturales para hacerlos más eficientes y sostenibles. Esto ayudará a desarrollar sistemas de tratamiento de agua apropiados a los ecosistemas y las condiciones económicas del Altiplano boliviano.

Hoy en día, la red de estaciones de monitoreo del Lago Menor, definidas por el programa de expediciones binacionales, junto con la red de las estaciones de monitoreo de la cuenca del río Katari (trayecto de contaminación desde El Alto hasta la bahía de Cohana, en el marco del proyecto 'Zona Crítica del Altiplano boliviano' del consorcio VHRH/MMAyA-IIQ/UMSA-LTHE/ISTERRE/IRD-SENAMHI-BO) representan el **Plan Director de Manejo y Restauración de la Cuenca Katari** gestionado por el gobierno Boliviano (VHRH/MMAyA). Del mismo modo, el Observatorio Binacional Lago Titicaca es parte del **Plan Director de la ALT**.

# **Algunas referencias**

- I Simposio Internacional del Lago Titicaca Desafíos para la gestión basada en el ecosistema, Puno, 19-21 de octubre 2011, 60 participantes:
  - http://rnia.produce.gob.pe/index.php?option=com\_content&view=article&id=118:simposi o-internacional-el-estado-del-lago-titicaca&catid=7:eventos-y-actividades&Itemid=75
- II Simposio Internacional del Lago Titicaca, coordinador científico X. Lazzaro (IRD), Puno, 7-9 marzo de 2013, 500 participantes: www.simposiotiticaca.org
- I Conferencia Internacional Observatorios de Lagos Transfronterizos, diseñador y coordinador científico X. Lazzaro, La Paz, 16-18 de junio de 2014, 150 participantes: www.lagossinfronteras.org, <a href="https://www.pieb.com.bo/lagos.php">www.pieb.com.bo/lagos.php</a>
- Side-event: Challenges of climate change for Lake Titicaca binational watershed (Peru-Bolivia), COP20, Lima, Perú, 12 de diciembre 2014:

  www.youtube.com/watch?feature=player\_detailpage&v=Vy5QLxoSN-8

  http://climatechange.mtnforum.org/sites/default/files/1COP20%20Titicaca%20%26%20Video.pdf
- Achá Cordero D., Álvarez Aliaga M.T., Nuñez Villalba J., Point D. & Lazzaro X. (2013) Enfoque socio-ambiental de la eutrofización, los causantes y los potenciales de biorremediación en el continuo entre el Lago Titicaca y la Ciudad de El Alto. Proyecto IDH EUTITICACA, UMSA, IRD, 2013-2014, 32 p.
- Achá D. & Lazzaro X. (2015) Comunicado: Análisis y recomendaciones acerca de la muerte de peces, anfibios y aves ocurrida en la zona Norte del Lago Menor durante el mes de Abril 2015, IRD-Bolivia: <a href="http://www.bolivia.ird.fr/toda-la-actualidad/la-actualidad/comunicado-analisis-y-recomendaciones-acerca-de-la-muerte-de-peces-anfibios-y-aves-ocurrida-en-la-zona-norte-del-lago-menor-durante-el-mes-de-abril-2015#eztoc3326304\_1</a>
- Achá Cordero D., Nuñez Villalba J., Point D., Lazzaro X. & Groleau A. (2013) Estudio de la biogeodinámica del dióxido de carbono y el oxígeno en el contexto de cambio climático en la

- cuenca menor del Lago Titicaca. Proyecto LATICO2 : Dinámica del CO<sub>2</sub> en el Lago Titicaca. IDH 2013-2014, IE-UMSA, IRD/GET-BOREA, IPGP, 18 p.
- Amouroux D. et al. (2012) Lacs de l'Altiplano (Bolivie) : exploration in situ des Processus (A)biotiques contrôlant la biogéoCHimie Aquatique du Mercure A l'échelle MoléculAire et isotopique. ANR LA PACHAMAMA 2014-2016, CNRS/IPREM, IRD/GET-BOREA-LEMAR, IE/UMSA, 40 p.
- Arfi R. (2015) Avis de l'Institut de Recherche pour le Développement sur l'observatoire OBLT porté par X. Lazzaro. 15 juillet 2015. 1 p.
- Beltrán Farfán D.F., Palomino Calli R.P., Moreno Terrazas E.G., Peralta C.G. & Montesinos-Tubée D.B. (2015) Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011. Revista peruana de biología 22: 335 340.
- Dejoux C. & Iltis A. (Eds.) (1991) Lake Titicaca A synthesis of limnological knowledge. Kluwer Academic Publishers. Monographiae Biologicae, Vol. 68, 626 p.
- Ibañez Luna C., Hugueny B., Esquer Garrigos Y., Zepita C. & Gutierrez R. (2014) Biodiversidad ictica en el Lago Titicaca. In: Pouilly M., Lazzaro X. Point D. & Aguirre M. (Eds.) Linea base de conocimientos sobre los recursos hidrologicos e hidrobiologicos en el sistema TDPS con enfoque en la cuenca del Lago Titicaca. UICN IRD: 135-153. ISBN 9789997441843.
- Jiménez-Muñoz J.C., Llinares Llorens M., Ruíz-Verdú A., Tenjo Gil C., Delegido Gomez J., Sobrino Rodriguez J.A. & Moreno Méndez J. (2015) Propiedades ópticas y térmicas del Lago Titicaca a partir de imágenes Landsat-8 y MODIS. XVII SBSR Brazilian Symposium on Remote Sensing. 25-29 April. Joao Pessoa, Brazil.
- Lanza Aguilar W.G., Loayza Torrico E.Z., Fernández Paz L.A., Alcoreza Ortiz M.P., Flores Chambi A.J., Fernández P., Ibáñez Luna C., La Cruz Aparco L., Morales S. & Lazzaro X. (2016) Expedición Científica Binacional de Evaluación de las Características Limnológicas y Ecológicas del Lago Menor del Titicaca. Informe Técnico de los equipos Boliviano (IE/UMSA), Peruano (IMARPE, PELT) y Francés (IRD/BOREA) detallando el Plan de Trabajo de la Expedición. Programa ECERP Evaluación Científica de Recursos Pesqueros, 02-15 de Agosto de 2016, 30 p.
- Lazzaro X., Alcoreza P., Lanza Aguilar G., Flores Chambi A.J., Fernández P., Fernández Paz A., Zepita Quispe C., Loayza Torrico E. & Ibañez Luna C. (2016) Expedición binacional de evaluación de recursos pesqueros y condiciones limnológicas del Lago Titicaca CR.1507-08 Jul-Ago 2015 Informe Técnico del Equipo Boliviano. IE/UMSA & BOREA/IRD, versión final, 01/07/2016, 95 p.
- Lazzaro X. (2015a) Informe técnico sobre el crucero binacional en el Lago Menor del Titicaca por el equipo Boliviano-Francés. 21 nov.-05 dic. 2015. 11 p.
- Lazzaro X. (2015b) Observatoire Binational du Lac Titicaca / OBLT (Observatorio Binacional del Lago Titicaca). Dossier IRD à remplir pour le bilan et la labellisation 2015-2019 d'un Service National d'Observation. 87 p.

- Lazzaro X. (2015c) El Lago Menor verde, evento meteorológico extremo o cambio climático en marcha? IRD-Bolivie: <a href="http://www.bolivia.ird.fr/toda-la-actualidad/la-actualidad/el-lago-menor-verde-evento-meteorologico-extremo-o-cambio-climatico-en-marcha">http://www.bolivia.ird.fr/toda-la-actualidad/la-actualidad/el-lago-menor-verde-evento-meteorologico-extremo-o-cambio-climatico-en-marcha</a>
- Loubens G. (1989) VI.5b Especies introducidas 1. Salmo gairdneri (*trucha arco iris*). Rev. Hydrobiol. trop., 22 (2): 157-177.
- Loubens G. & Osorio F. (1988) Observations sur les poissons de la partie bolivienne du lac Titicaca III. *Basilichthys bonariensis* (Valenciennes, 1835) (Pisces, Atherinidae). Rev. Hydrobiol. trop. 21 : 153-177.
- Northcote T., Morales P., Levy D. & Greaven M. (Eds.) (1989) Pollution in Lake Titicaca, Peru: Training, Research and Management. West-water Research Center, Univ. of British Columbia, Canada.
- Peireira Sandoval M. (2015) Estudio multitemporal mediante teledetección de la eutrofización de la Bahía de Cohana, Lago Titicaca Bolivia. Máster Oficial de Teledetección, Departamento de Física de la Tierra y Termodinámica, Universidad de Valencia, Valencia, España. Director: Jesús Delegido Gómez; colaboración con X. Lazzaro para los datos de campo, 49 p.
- Pereira M.A., Tenjo C., Ruíz-Verdú A., Lazzaro X., Delegido J. & Moreno J. (2016) Multitemporal remote sensing study of eutrophication of Cohana Bay, Lake Titicaca (Bolivia). Sometido a Limnetica.
- Point D., Lazzaro X. & Groleau A. (2013) In situ biogeochemical and ecological sensing of Lake Titicaca. TITICACA SENSORS: A joint IRD-IPGP research initiative 2013-2014. February 2013, IRD/GET-BOREA, IPGP, 17 p.
- Pouilly M., Lazzaro X., Point D. & Aguirre M. (2014) Línea base de conocimientos sobre los recursos hidrológicos en el sistema TDPS con enfoque en la cuenca del Lago Titicaca. IRD UICN/Bridge, Quito, Ecuador. 320 p.: <a href="http://www.bolivie.ird.fr/mediatheque/les-editions-et-co-editions-en-bolivie/linea-de-base-de-conocimientos-sobre-los-recursos-hidrologicos-e-hidrobiologicos-en-el-sistema-tdps-con-enfoque-en-la-cuenca-del-lago-titicaca">https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-015.pdf</a>
- Ruiz-Verdú A., Jiménez J.C., Lazzaro X., Tenjo C., Delegido J., Pereira M., Sobrino J.A. & Moreno J. (2016) Comparison of MODIS and LANDSAT-8 retrievals of chlorophyll-a and water temperature over Lake Titicaca. IGARSS-IEEE International GeoScience and Remote Sensing Symposium, Beijing, China, 10-15 July 2016 : <a href="http://borea.mnhn.fr/sites/default/files/pdfs/RuizVerdu\_Titicaca\_wq\_fv\_IGARSS%202016.">http://borea.mnhn.fr/sites/default/files/pdfs/RuizVerdu\_Titicaca\_wq\_fv\_IGARSS%202016.</a> pdf

# Las películas

Vídeo "Testimonios sobre el cambio climático en la cuenca binacional del Lago Titicaca" (12 min en español), realizado por Xavier Lazzaro y Simón Avilés para la COP20 en Lima, Diciembre 2014: https://www.youtube.com/watch?v=Vy5QLxoSN-8

- Video "Xavier Lazzaro Don Ramón Catari, alrededor del Lago Titicaca" (9min16, versión original en francés español, con subtítulos en francés). Película de presentación del trabajo de los investigadores del IRD en Bolivia, dirigida por Antoine Deprez Segobia, becario, supervisado por el Servicio Audiovisual del IRD, noviembre de 2015. Una larga historia de amistad, sino también de ciencia, une a los dos hombres trabajando por más de 30 años en el Lago Titicaca. Hoy en día el equilibrio del Lago se ve amenazado por la expansión de las grandes ciudades. Las señales son fuertes: hace unos cuantos meses el Lago cambió de color, se convirtió en verde. Este retrato cruzado del Lago y de los investigadores que lo estudian plantea en el fondo la cuestión del impacto del hombre en su entorno: <a href="http://www.bolivie.ird.fr/mediatheque/selection-de-media/films-documentaires/films-de-presentation-du-travail-des-chercheurs-de-l-ird-en-bolivie">http://www.bolivie.ird.fr/mediatheque/selection-de-media/films-documentaires/films-de-presentation-du-travail-des-chercheurs-de-l-ird-en-bolivie</a>
- Documental "Titicaca La fiebre del Lago Sagrado" (20 min en italiano), coproducción ELANDRA-IRD, asesores científicos: Xavier Lazzaro & Jacques Gardon, realizadores: Francesca Massa y Jacopo Tofani; presentado (min 53) durante el programa SCALA MERCALLI a la TV RAI, el Sábado 12 de marzo de 2016: <a href="http://www.rai.tv/dl/RaiTV/programmi/media/ContentItem-b747e353-58d3-471f-b999-228429b0a6a7.html">http://www.rai.tv/dl/RaiTV/programmi/media/ContentItem-b747e353-58d3-471f-b999-228429b0a6a7.html</a>
- Video tutorial de la infraestructura de datos espaciales, el GeoVisor IIGEO/UMSA
   "Contaminación de El Alto al Lago Titicaca" (17 min en español), dirigido por Javier Nuñez y
   Villaba & Xavier Lazzaro, coproducción IIGEO/UMSA-IRD/DSI, producido por Fermín Cruz
   (CONTRAPLANO), marzo de 2016:
   https://www.youtube.com/watch?v=4JlkfRT1Lfo&feature=youtu.be

## El glosario

Bloom = proliferación de microalgas del fitoplancton, a menudo mono-específica debido al aporte excesivo de materia orgánica y nutrientes, en la presencia de una fuerte radiación solar fotosintética

Lago endorreico = cuyas aguas no están conectados a la mar, pero se pierden en la tierra y/o por evaporación

# Las siglas de las instituciones

- ADSIB Agencia para el Desarrollo de la Sociedad de la Información en Bolivia: www.adsib.gob.bo
- AECID Oficina Técnica de Cooperación Española, en Bolivia: http://www.aecid.bo/portal/agua/
- AllEnvi Alianza para el Medio Ambiente (alimentación, clima, agua, territorios): http://www.allenvi.fr
- ALT Autoridad Binacional del Lago Titicaca: http://www.alt-perubolivia.org/web/

- ASDI Cooperación Sueca para el Desarrollo: <a href="http://www.sida.se/English/About-us/Our-mission/">http://www.sida.se/English/About-us/Our-mission/</a>
- CES Centros de Pericia Científica de THEIA (laboratorios o grupos de laboratorios nacionales que llevan a cabo trabajos de investigación y desarrollan métodos innovadores de movilización de los datos satelitales sobre problemáticas "superficies continentales"): <a href="https://www.theia-land.fr/fr/presentation/centres-d-expertise-scientifique-ces">https://www.theia-land.fr/fr/presentation/centres-d-expertise-scientifique-ces</a>
- CES Color de aguas continentales, animador Jean-Michel Martínez (IRD/GET): <a href="https://www.theia-land.fr/sites/default/files/imce/theia/CES\_couleur-eaux-continentales.pdf">https://www.theia-land.fr/sites/default/files/imce/theia/CES\_couleur-eaux-continentales.pdf</a>
- COSUDE Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, en Bolivia: <a href="https://www.dfae.admin.ch/countries/bolivia/es/home/representaciones/oficina-de-cooperación.html">https://www.dfae.admin.ch/countries/bolivia/es/home/representaciones/oficina-de-cooperación.html</a>
- DER Departamento Medio Ambiente y Recursos del IRD
- EFPU Estación de Fotobiología Playa Unión, Chubut, Argentina: http://www.efpu.org.ar
- GEOBOLIVIA proyecto de infraestructura de datos espaciales del Estado Plurinacional de Bolivia: http://geo.gob.bo
- GIRH PNUD / GEF Gestión integrada de recursos hídricos del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo / Fondos para el Medio Ambiente Mundial: https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/BOL/PRODOC%20-%20IP%20TDPS.pdf
- IE Instituto de Ecología de la UMSA: https://www.facebook.com/Institutodeecologiaumsa/
- IIGEO Instituto de Investigaciones Geográficas: http://geografiaumsa.blogspot.fr
- IMTD Instituto para la diplomacia de diversas vías: www.imtd.org
- IPGP/LGE Instituto de Física de la Tierra en París / Laboratorio de Geoquímica de las aguas: http://www.fire.upmc.fr/?q=node/158
- UICN Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza; proyecto BRIDGE -Building River Dialogue and Governance: <a href="https://www.iucn.org/theme/water/our-work/bridge">https://www.iucn.org/theme/water/our-work/bridge</a>
- IMARPE Instituto del Mar del Perú: http://www.imarpe.pe/imarpe/
- LCP Laboratorio Continental de Puno: http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id\_seccion=I017110000000000000000
- LEO Laboratorio de Observación de la Tierra, Universidad de Valencia, España: http://ipl.uv.es/leo/
- LTHE Laboratorio de Estudio de las Transferencias en Hidrología y Medio Ambiente (UMR5564): <a href="http://www.lthe.fr/LTHE/?lang=fr">http://www.lthe.fr/LTHE/?lang=fr</a>

- MMAyA Ministerio de Medio Ambiente y Agua: http://www.mmaya.gob.bo
- ORE HYBAM Servicio de Observación para el control geodinámico, hidrológico y biogeoquímico de la erosión/alteración y del transporte de material en el Amazonas: <a href="http://www.ore-hybam.org/index.php/eng/Data/Station-Access-Maps/HYBAM-ORE-South-America">http://www.ore-hybam.org/index.php/eng/Data/Station-Access-Maps/HYBAM-ORE-South-America</a>
- PELT Programa Especial Binacional del Lago Titicaca: http://www.pelt.gob.pe/pelt/
- LTSP Programa de Saneamiento del Lago Titicaca: http://www.mmaya.gob.bo/index.php/informacion\_institucional/content,1610.html
- SI SOERE OLA Sistema de Información del Observatorio de los LAgos: <a href="https://si-ola.inra.fr/">https://si-ola.inra.fr/</a>
- SPIRALES Apoyo a Proyectos informáticos en los equipos científicos del IRD:
- THEIA (hija de Urano el cielo y de Guía la Tierra) Polo de datos y servicios superficies continentales (creado por 9 instituciones públicas francesas implicadas en la observación de la tierra y ciencias ambientales; estructura científica y técnica tiene como objetivo facilitar el uso de imágenes a partir de la observación de la superficie terrestre desde el espacio):
  - https://www.theia-land.fr/fr/presentation/theia
- UB Universidad de Barcelona: http://www.ub.edu/web/ub/ca/
- UMSA Universidad Mayor de San Andrés: http://www.umsa.bo/web/guest
- ULB Universidad Libre de Bruselas: http://philoscsoc.ulb.be/fr/users/cdelaere
- UOB Unidad Operativa de Bolivia:
- UVEG Universidad de Valencia, España: http://www.ub.edu/web/ub/ca/
- VEPB Vicepresidencia del Estado Plurinacional de Bolivia: www.vicepresidencia.gob.bo
- VLMP Programa de Monitoreo Voluntario de los Lagos del Maine, EE.UU.: <a href="http://www.mainevlmp.org">http://www.highlandlakemaine.org/home/water-monitoring-committee-videos</a>
- VRHR Viceministerio de Recursos Hídricos e Irrigación: http://www.riegobolivia.org

# Valoración y comunicación científica alrededor del Lago Titicaca (mayo 2013 - mayo 2015)

#### 2 comunicados, pagina de la Representación del IRD-Bolivia/Actualidades:

Achá D. & Lazzaro X (2015) Análisis y recomendaciones acerca de la mortandad ocurrida en la zona Norte del Lago Menor durante el mes de Abril 2015 ; mayo 2015 : <a href="http://www.bolivia.ird.fr/toda-la-actualidad/la-actualidad/comunicado-analisis-y-recomendaciones-acerca-de-la-muerte-de-peces-anfibios-y-aves-ocurrida-en-la-zona-norte-del-lago-menor-durante-el-mes-de-abril-2015</a>

Lazzaro X. (2015) El Lago Menor verde, evento meteorológico extremo o cambio climático en marcha? Mayo 2015 : <a href="http://www.bolivie.ird.fr/toute-l-actualite/l-actualite/el-lago-menor-verde-evento-meteorologico-extremo-o-cambio-climatico-en-marcha">http://www.bolivie.ird.fr/toute-l-actualite/l-actualite/el-lago-menor-verde-evento-meteorologico-extremo-o-cambio-climatico-en-marcha</a>

#### 2 interviews en la prensa escrita boliviana sobre la ANR LA PACHAMAMA:

- « Mercurio una alerta en el Titicaca »; Escape / La Razón, La Paz, mayo 2014 : <a href="http://www.la-razon.com/suplementos/escape/Mercurio-alerta-Titicaca">http://www.la-razon.com/suplementos/escape/Mercurio-alerta-Titicaca</a> 0 2048795180.html
- « La Bahía de Cohana es la mas contaminada del Lago Se consolida el observatorio ambiental binacional del Lago Titicaca »; Oxigeno, La Paz, mayo 2014 :

#### 1 diaporama animado en el Jornal du CNRS sobre la ANR LA PACHAMAMA :

« Les chasseurs de mercure du Lac Titicaca »: <a href="https://lejournal.cnrs.fr/videos/les-chasseurs-de-mercure-du-lac-titicaca">https://lejournal.cnrs.fr/videos/les-chasseurs-de-mercure-du-lac-titicaca</a>

#### 1 Interview en la prensa Suiza:

« Joyau d'Amérique, le Lac Titicaca est en péril » - LeTemps.ch ; Frédéric Faux, 25 août 2015 : http://www.letemps.ch/sciences/2015/08/24/joyau-amerique-lac-titicaca-peril

#### 4 Reportes TV y 3 Interviews Radio:

- Interview « Polución y eutrofización del Lago Titicaca »; Programa Nuevo Mundo, Canal Universitario TVU, La Paz, mayo 2013, en estudio, 1hr
- Reportaje « Contaminación de la Bahía de Cohana »; Los Chapacas, Canal Universitario TVU, La Paz, mayo 2015, en el Lago Menor, 3 x 30 min
- Documentaire « Pérou: Planète extrême »; French Connection Films, Codex Now, Futura-Sciences et IRD, diffusé sur Ushuaïa TV et TV5 Monde, 3 épisodes, conseillers scientifiques Olivier Dangles (Andes) et X. Lazzaro (Lac Titicaca) : <a href="http://www.terraeco.net/spip.php?page=imprimer&id\_article=60166">http://www.terraeco.net/spip.php?page=imprimer&id\_article=60166</a> <a href="http://www.frenchcx.com/fr/portfolio/perou-planete-extreme/">http://www.frenchcx.com/fr/portfolio/perou-planete-extreme/</a>
- Documentaire « Expédition Nouveau Monde »; Les Frères La Tullaye, Agence Biglo, diffusé sur France 5 lors de la COP21 à Paris, déc. 2015 : http://www.lesfrereslatullaye.fr
- Interview « Pollution: Le Lac Titicaca en danger », diffusée sur France Inter, à la RTBF et à France Info, Frédéric Faux, juin 2015: <a href="http://www.franceinter.fr/emission-ailleurs-pollution-le-lac-titicaca-en-danger">http://www.franceinter.fr/emission-ailleurs-pollution-le-lac-titicaca-en-danger</a>

Reportaje audio « Bolivie : l'asphyxie du lac Titicaca », Frédéric Faux, RFI, Sept. 2015 : <a href="http://www.rfi.fr/emission/20151003-2-bolivie-lac-titicaca-asphyxie">http://www.rfi.fr/emission/20151003-2-bolivie-lac-titicaca-asphyxie</a>

# Contactos con algunos miembros del consorcio del GEOVISOR IIGEO/UMSA - IRD

 Javier NUÑEZ VILLALBA, geógrafo y especialista en SIG, director del Instituto de Investigaciones Geográficas de la Universidad Mayor de San Andrés (IIGEO/UMSA), Responsable del GEOVISOR, <u>inunezvillalba@gmail.com</u>

- Xavier LAZZARO, ecólogo acuático-limnólogo, IRD/BOREA, co-responsable del GEOVISOR, xavier.lazzaro@ird.fr
- Sylvain LESAGE, ingeniero de sistemas, responsable de la unidad de innovación y desarrollo, ADSIB, slesage@adsib.gob.bo
- Raúl Fernando MOLINA RODRIGUEZ, geomático ingeniero, coordinador general, proyecto GEOBOLIVIA, rmolina@geo.gob.bo
- Stéphane DEBARD, ingeniero de sistemas IRD, HSM y ESPACE Dev, stephane.debard@ird.fr
- Vicente HEURTEAUX, ingeniero de sistemas, CEO GEOMATYS SAS, Módulo CONSTELLATION, vincent.heurteaux@geomatys.com

#### Para saber mas

Investigaciones y trabajos del IRD y de sus socios en la página web de la Representación del IRD en Bolivia:

http://www.bolivie.ird.fr/content/advancedsearch?SearchText=titicaca+&SubTreeArray%5B%5D=19147

/OBLT-Eje transversal-BOREA.docx