

Título: OBSERVATORIO PERMANENTE DEL LAGO TITICACA

País: Bolivia

Entidad ejecutora: MMAyA, UMSA e IRD-Francia

Inversión: 1,039,608.00 USD GEF: 250,000.00 USD Co-financiamiento: 789,608.00 USD

Resumen ejecutivo (<300 palabras):

El Lago Titicaca es el último de los grandes lagos del mundo que no tiene un sistema de seguimiento y monitoreo continuo a largo plazo, ni un Observatorio de Investigaciones del Medio Ambiente. Esto a pesar de que regionalmente es el lago más grande de América del Sur y a que tiene características únicas en el mundo. El presente proyecto plantea establecer una plataforma de monitoreo permanente en el Lago Titicaca. La misma que contará con una serie de sensores automáticos para proporcionar datos de alta resolución que permitan identificar las fluctuaciones naturales diarias, estacionales y anuales del sistema. Además, se identificarán fenómenos peculiares u ocasionales, como la explosión demográfica de algas y otros cambios. Se colectarán datos climatológicos y muestras periódicas (cada 15 días) para determinar si el clima o los niveles de contaminación son responsables de las alteraciones observadas. Con todo ello se espera identificar los indicadores claves del funcionamiento del ecosistema, así como también los factores clave que controlan su buen funcionamiento o condicionan fenómenos como los "blooms" o explosiones demográficas de algas. Estos fenómenos son de particular relevancia ya que podrían constituirse en un problema serio para la conservación de la diversidad y los servicios ambientales que presta este ecosistema único en el mundo e invaluable para las sociedades boliviana y peruana. Con los datos generados se podrá construir el esquema final del diseño de las otras estaciones de monitoreo permanente del Lago Titicaca. También se identificará la periodicidad y tipos de datos necesarios para dichas nuevas estaciones. Esta experiencia permitirá también capacitar personal técnico del Ministerio de Medio Ambiente y Agua para que eventualmente puedan replicar estas estaciones.

Contexto en el que se ejecutará la experiencia piloto:

(i) Contexto ambiental

El lago Titicaca es muy extenso (área 8.200 km², a 190 km al noroeste a sudeste, volumen 893 km³), ostenta la mayor altitud (3.810 msnm) de los grandes lagos y es uno de los más antiguos de veinte (aunque, tal como la conocemos hoy en día, se formó hace unos 9.000 años y lo que ahora existe resultó a partir de una sucesión de lagos desde hace unos 55.000 años). Es también el mayor lago transfronterizo del continente, siendo compartido entre la República del Perú y el Estado Plurinacional de Bolivia. Situado en la altitud en las zonas tropicales (15 ° 45'S, 69 ° 25'W), pero las condiciones climáticas son "alpinas", aunque sus aguas superficiales nunca se congelan. Debido a la delgada capa atmosférica, la dosis de radiación solar ultravioleta y visible es intensa durante todo el año y penetra a una mayor profundidad en sus aguas transparentes. Ubicado al norte de sistema endorreico, el Altiplano, entre la cordillera oriental y occidental Andina. Al norte el lago es alimentado por el río Ramis en el Perú y las lluvias durante unos meses (diciembre-abril). El río Desaguadero es su única salida, pero la intensa evaporación representa la mayor parte de las pérdidas de agua, lo que ilustra la fragilidad de balance de agua de acuerdo a los caprichos del clima.

(ii) Contexto social y cultural

El Lago Titicaca tiene una influencia notoria de las condiciones climáticas locales en el Altiplano Norte, tanto favorables a las actividades agrícolas, la pesca y la piscicultura. Estas condiciones únicas en el pasado, favorecieron el desarrollo de las sociedades humanas y las grandes civilizaciones andinas prehispánicas (es decir, Pukara, Tiwanaku e Inca Colla Lupaka), una fuente

de enorme riqueza cultural y material para todo el continente. En la actualidad, la cuenca del Lago Titicaca (57.708 km²) es el hogar de una población de más de 3 millones de habitantes distribuidos en forma bastante pareja entre los dos países, pero reunidos poco a poco en un puñado de grandes centros urbanos como Puno y Juliaca en el Perú, y Copacabana pero sobre todo El Alto (1,2 millones de habitantes) en Bolivia. Paradójicamente, debido a la falta de servicios básicos (provisión de agua potable, tratamiento de aguas residuales y vertido de aguas contaminadas), en la actualidad esta población - en particular las poblaciones rurales indígenas - se encuentra en su mayoría en condiciones de pobreza con grandes desigualdades socio-económicas. Las orillas del lago Titicaca, incluso se han convertido en zonas de población de expulsión, especialmente a la ciudad de El Alto en crecimiento desde hace 15 años.

(iii) Contexto económico

El Lago Titicaca constituye un importante centro de actividades económicas y con enormes potencialidades dependientes de su conservación. El lago es el principal centro de actividad piscícola para la zona andina del Estado Plurinacional de Bolivia y la República del Perú y uno de los más importantes del Perú. En este último hay una creciente actividad de piscicultura que conlleva el riesgo de incrementar el problema de contaminación pero también es una alternativa interesante para poder efectuar un manejo adecuado del ecosistema. En Bolivia todavía muchas comunidades dependen de la pesca pero el turismo y la agricultura son también muy importantes. La agricultura se ve beneficiada por los efectos climatológicos del lago en sus alrededores, en particular la humedad tan escasa en el generalmente árido altiplano Boliviano. Tanto la agricultura como el turismo también representan un riesgo importante para agravar los problemas de contaminación, pero podrían también brindar oportunidades económicas necesarias para la sostenibilidad de programas de remediación.

(iv) Contexto institucional

El órgano que articula el trabajo y esfuerzo de ambos países para la conservación y manejo del sistema es la ALT. El proyecto se enmarca dentro del programa del Estado Plurinacional de Bolivia para la remediación del Lago Titicaca y dentro de las políticas asociadas como el plan director de la Cuenca Katari. De hecho esta propuesta se enmarca en la Estrategia de Recuperación Integral de la Cuenca Katari y el Lago Titikaka lanzada el 2015 por el MMAyA. El trabajo se realizará entre el MMAyA, investigadores de la Universidad Mayor de San Andrés, investigadores del Institut de Recherche pour le Développement (IRD) de Francia y actores locales. En este proyecto piloto no se pretende involucrar de forma directa a todos los municipios y gobernación pero se transmitirán los resultados de forma periódica para mantenerlos informados. La ALT, como organismo binacional, servirá de vínculo con las instituciones del Perú como la ANA y el IMARPE que podrían aprovechar la experiencia adquirida.

(v) Contexto legal y normativo

El proyecto se enmarca dentro del espíritu de la nueva constitución política del Estado Plurinacional de Bolivia, la Ley del Medio Ambiente, la Ley de la Madre Tierra,

Problema central

Durante el II Simposio Internacional del Lago Titicaca (www.simposiotiticaca.org), 7-9 marzo de 2013, en Puno, representantes de instituciones académicas y científico-técnica, frente a la dispersión de las acciones, han expresado interés en el desarrollo programas de colaboración binacional. Apoyaron esta manera unánime la creación del Observatorio ambiental binacional del lago Titicaca durante un taller dedicado preparado por X. Lazzaro, organizador científico del simposio.

La enorme carga de contaminantes orgánicos y nutrientes arrastrada por el río Katari a causado una evidente eutrofización de Bahía Cohana. Lo que ha promovido un crecimiento explosivo de la lenteja de agua (*Lemna gibba*), de un helecho pequeño flotante (*Azolla filiculoides*) y un ranúnculo de agua u "ocororo" (*Hydrocotyle ranunculoides*) y la coloración negruzca de las totora

(*Schoenoplectus californicus*), que son indicativos de la elevada demanda de oxígeno (DBO₅) y altas concentraciones de nitrógeno y fosforo que se tienen en la Bahía Cohana/Lago Titicaca (Lidema, 2008, Pouilly et al., 2014). Sin embargo, resultados recientes sugieren que la contaminación no se ha extendido mucho más allá de la Bahía Cohana (Achá et al, 2014).

Parece ser que la sucesión de macrófitas ha podido frenar de alguna forma la dispersión de la contaminación. A las afueras del estrecho entre Pariti y Quehuaya (afueras de Bahía Cohana) diversos indicadores sugieren que los niveles de contaminación son de los más bajos de todo el lago (Achá et al. 2014). De hecho los indicadores de eutrofización, entre los que destacan el fraccionamiento isotópico de nitrógeno y la atenuación de la luz, son significativamente más altos en Huatajata y Chua que a las afueras de Cohana (Achá et al. 2014). Esto sugiere que existen otras fuentes de contaminación fuera del Río Katari.

Entre marzo y abril de 2015 se pudo evidenciar un gran Bloom de algas que cubrió la mayor parte del lago menor del Titicaca. Dicho Bloom fue protagonizado por un alga verde (Clorofita) identificada como *Carteriasp*, la cual formó un extenso manto verde superficial (Achá et al, 2015). Este evento dramático puede haber causado una fuerte mortandad reportada por comunarios. Sin embargo, parece que en este caso el gatillante del evento no fue la entrada de más contaminación por Bahía Cohana, sino la suma de aportes de otras comunidades y escurrimientos (Achá et al, 2015). De hecho, los datos climatológicos muestran un incremento drástico de precipitaciones que puede haber incrementado los escurrimientos y ya se habían reportado niveles de contaminación en Huatajata y Chua (Achá et al. 2014).

Estrategia de intervención

El proyecto piloto establecerá una plataforma permanente de monitoreo de la condición del agua en la sección boliviana del lago Titicaca. El Observatorio permanente del Lago Titicaca constituye parte de una propuesta más extensa para generar un Observatorio Binacional de Lago Titicaca. Es una propuesta en base a una experiencia previa de monitoreo de alta resolución dentro del proyecto TITICACA SENSORS y se basa en la necesidad de contar con datos a una mayor resolución que los obtenidos con salidas puntuales dos, cuatro o seis veces al año. Muchos de los fenómenos más relevantes en el Lago Titicaca pueden estar asociados a eventos ocasionales como lluvias intensas u otros y los monitoreos clásicos solo proporcionan una o varias fotografías al año. Con esta propuesta se espera poder cambiar esto para tener una película completa de lo que ocurre en el lago, identificar tendencias y eventualmente poder predecir su comportamiento y anticiparnos a los problemas en gestación. También permitirá observar el resultado global de las acciones emprendidas para reducir la contaminación en el Lago Titicaca en general.

Los métodos a implementarse han sido ampliamente verificados en el mismo Lago Titicaca durante el proyecto TITICACA SENSORS, EUTITICACA, LATICO2 y otros afines. Consiguientemente, no estaremos probando metodologías experimentales de resultado incierto, sino que implementando tecnologías verificadas para la generación de datos confiables.

La estrategia consistirá primero en armar 1 estación multiparamétrica de referencia en el lago menor. Esta estación será instalada en una zona con poca perturbación antropogénica y servirá para establecer el nivel de base de contaminación (nutrientes) y caracterizar el funcionamiento natural del ecosistema en particular el ciclo del carbono, del oxígeno y la producción primaria (phytoplankton). Los sensores *in situ* de nitratos, oxígeno, dióxido de carbono, phytoplankton, luz, y nivel de agua medirán estos parámetros con una frecuencia de 15 minutos para integrar la variabilidad diurna, y estacional durante las épocas secas, húmedas y de transición.

Equipamientos complementarios, en particular sensores multiparamétricos incluyendo sensores de metilmercurio que son programados por un smartphone serán utilizado durante campañas bi mensuales en 3 puntos. Estos sensores permitirán medir los niveles de methylmercurio a diferentes profundidades en cada punto. La comparación entre los datos de la Bahía Cohana a los datos de la estación de referencia permitirá de determinar la cantidad de metilmercurio producido en la bahía en relación a su eutrofización. Estos sensores se utilizarán también para

hacer transectos mensuales dentro de la bahía hasta el centro lago menor para medir la zona de influencia de la eutrofización en el lago Titicaca en relación con las épocas secas y húmedas. Todo esto sería complementario a la utilización del fraccionamiento isotópico de carbono y nitrógeno, que son marcadores integrales de la eutrofización que reflejan la presencia promedio de contaminantes y no así la presencia puntual de los mismos como las sondas y análisis de muestras colectadas durante un periodo determinado.

Actualmente hay dos estaciones permanentes meteorológicas automáticas, financiadas por los programas del IRD y son funcionales. La estación HASM (Hídricas de Montpellier) en Huatajata instalada durante el 2012 (en la actualidad con el apoyo de C. Duwig pero con necesidad de garantizar su continuidad) y con recursos de TITICACA SENSORS otra en la Isla de la Luna instalada el 2014 (actualmente con el apoyo de S. Guedron, pero con necesidad de garantizar su continuidad). Dadas las características de la estación de Isla de la Luna es una estación de medición de flujo turbulento de H₂O y CO₂ a la superficie. La frecuencia de medición de estas estaciones es de un minuto y las salidas se suman o resultan del promedio cada quince minutos.

Debemos tener en cuenta que, cada uno de los planes nacionales, binacionales e internacionales de vigilancia de varios niveles de calidad de agua se han desarrollado para el sistema TDPS agua como MMAyA (2011) en Bolivia, MINAM (2013) en el Perú El Plan Director Global Binacional de ALT para la protección contra las inundaciones y el uso de los recursos (www.alt-perubolivia.org/web/publicaciones/plan-director.html) y la UNESCO (2007), entre otros. Ninguno de estos planes contempla la aplicación de plataformas automatizadas para mediciones en tiempo real, a largo plazo continua, junto con las redes de los modelos nacionales hidrometeorológicos y climatológicos de los escenarios locales, desarrollado por el IGP en el Perú y LFA / UMSA en Bolivia. ¿Qué ofrece el observatorio aquí?

El proyecto plantea instalar al menos una plataforma de sensores automatizados con colectores de datos como la instalada en el proyecto TITICACA SENSORS. Los sensores de TITICACA SENSORS, plataforma operada continuamente desde enero 2013 hasta diciembre 2014 (ya desmantelado) en la estación de Huatajata a 5 y 1,5 m de profundidad, contaba con una variedad de sensores para la caracterización biogeoquímica con alta frecuencia. Esto implicaba datos cada 15 min para la mayoría de los parámetros con la excepción de las comunidades de algas y clorofila reportada cara 45 min. Los parámetros medidos incluyan: oxígeno disuelto, presión, pH, conductividad (sonda multiparamétrica NKE MP), fluorescencia de clorofila-a y de grupos específicos de algas (Bbe FluoroProbe), temperatura (Seabird dos SB 56), oxígeno disuelto a 4.5 m (NKE sondea SDOT), presión y temperatura a 4.5 m (SPDT), temperatura a 0-1-2-3-4-5 m de profundidad (HOBO Agua Pro V2 sensor).

Las campañas bimensuales complementarán los datos obtenidos por las estaciones permanentes. Las mismas constituirán una herramienta fundamental para detectar y seguir eventos de importancia para todo el lago y en particular la dispersión de la contaminación en tiempo real.

A partir de enero 2013-diciembre 2014, 31 SENORES campañas TITICACA proyecto se llevaron a cabo (Coord. X. Lazzaro), con una frecuencia de ~ 20 días (en mediciones continuas paralelas de la plataforma automática de la estación de Huatajata). Las mediciones y toma de muestras se llevó a cabo a lo largo de los perfiles verticales a las estaciones de Chua (40 m) y Huatajata (5 m). Ambas estaciones son estaciones de referencia durante más de 3 décadas (ORSTOM). Ellos han caracterizado la evolución estacional e interanual de los parámetros biogeoquímicos (temp., DO, pH, conductividad y turbidez de una sonda multiparamétrica Hydrolab DS5) fotobiológica (atenuación espectral RUV-B, RUV-A PER) y las comunidades planctónicas ecológicos (fluorescencia in vivo de clorofila-a por clase algas, CDOM, desde una bbe FluoroProbe, identificación y recuento de zooplancton en el tanque estéreo Dolphus y fitoplancton microscopio invertido , método de sedimentación Utermöhl). Los patrones observados se utilizan para comparar el comportamiento y la dinámica de una estación polimictica poco profunda (típico de Petit Lac) con las de una estación monomictica profunda (representante de la zona pelágica del

Gran Lago). Esta comparación es importante para la comprensión de los efectos del cambio climático (calentamiento global + impactos antropogénicos) sobre la profundidad y la intensidad de la zona de mezcla, la transparencia (biomasa fitoplanctónica), la disponibilidad de nutrientes y la inhibición fotosíntesis por la intensidad de la radiación solar (UVR PER). Estas mismas medidas serán tomadas como base de las campañas a realizarse.

Adicionalmente se emplearán sensores multiparamétricos y sensores de metilmercurio de acumulación pasiva. Estos sensores son programables con tecnología amigable desde un Smartphone. Estos sensores medirán parámetros adicionales como nutrientes y luz par; complementando el trabajo de base ya evaluado durante TITICACA SENSORS. Su facilidad de uso y relativamente bajo costo permitirá también establecer programas de capacitación para que actores locales se encarguen del manejo de dichos sensores. Esto en función de los problemas que se localicen en distintas regiones del lago.

En Anexo se incluye la ubicación del proyecto.

Resultados y productos

Resultados	Productos	Notas
Resultado 1: Mejora del conocimiento sobre las dinámicas biogeoquímicas dentro el Lago Titicaca partir de datos con alta frecuencia de Huatajata	1.1. Base de datos de alta resolución sobre la fisicoquímica y biología del Lago Titicaca	Permitirá conocer la variabilidad diaria, estacional y los factores que la controlan.
	1.2. Base de datos sobre los niveles de contaminación en tres puntos del Lago Menor.	Permitirá conocer la variabilidad y fenómenos que controlan la concentración y dispersión de contaminantes antrópicos.
Resultado 2: Relaciones entre distintos factores y fenómenos particulares en el Lago Titicaca identificadas para prevenir o al menos anticipar la aparición de “blooms” de algas y otros fenómenos de gran relevancia para la vida y los servicios que brinda el Lago Titicaca	2.1. Identificación de fenómenos que controlan la aparición de “blooms” de algas y otros eventos importantes.	
Resultado 3: Personal técnico del MMAyA y de la Gobernación de La Paz capacitados para la toma e interpretación de datos de monitoreo.	3.1. Personal capacitado del MMAyA y de la Gobernación.	

Beneficios ambientales globales

El observatorio permitirá (a) a los investigadores analizar las respuestas a escenarios futuros, (b) a los administradores gubernamentales y los tomadores de decisiones actuar con bases técnicas y científicas sólidas; sobre el desarrollo de medidas de mitigación y adaptación a los fenómenos extremos, la conservación de la biodiversidad y niveles de endemismo, y sobre la restauración / rehabilitación de entornos degradados o contaminados, y (c) a la sociedad civil beneficiarse de estas medidas, mejorar las condiciones de vida, y para estar mejor informados sobre su entorno.

Beneficios locales y nacionales

(i) Beneficios locales

A corto plazo, los investigadores y personal técnico del MMAyA, Gobernación de La Paz y personal técnico local tendrán la capacidad de generar datos de calidad para poder tomar decisiones sobre las acciones a tomar. A mediano y largo plazo esto permitirá construir modelos que permitan predecir eventos extremos que podrán ser advertidos y explicados a las comunidades de forma oportuna. Esto permitirá que las autoridades locales (municipios, comunidades y otras) asentadas a las orillas del Lago Titicaca puedan planificar la ejecución de acciones de emergencia o actividades de prevención y adaptación a los cambios globales. A su vez, la información generada permitirá la generación de planes de manejo regionales más adecuados a la realidad del ecosistema, un mejor aprovechamiento de los servicios que proporciona y la conservación de su biodiversidad.

(ii) Beneficios nacionales

Este es el lago más importante de Bolivia y Perú y su conservación influencia la vida de un importante porcentaje de sus poblaciones. Por tanto, los beneficios generados para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que brinda el Lago Titicaca serán también de beneficio para estos países en general.

(iii) Grupos sociales beneficiarios

A mediano plazo los beneficiarios serán los pobladores de las orillas que gozan de los servicios ecosistémicos del mismo, ya que los resultados del monitoreo permitirán tomar acciones dirigidas asegurar la conservación de este cuerpo de agua.

Innovación

El Lago Titicaca no cuenta con un sistema de monitoreo de alta resolución. De hecho, no hay un programa rutinario de monitoreo del Lago Titicaca. Hasta el momento lo único que se viene haciendo de manera rutinaria es el crucero de acústica que solo colecta datos de biomasa íctica. Los cruceros bianuales, en el mejor de los casos, vienen tratando de expandir sus actividades para incluir otros parámetros fisicoquímicos y biológicos además de la abundancia de peces. Sin embargo, este esfuerzo no se compara a lo que aquí se propone hacer. Los cruceros representan información de todo el Lago Titicaca pero en un muy corto periodo de tiempo y representan tan solo una fotografía de uno o dos instantes particulares dentro de todo un año.

Los fenómenos como el “bloom” de algas observado entre marzo y abril del 2015 son ocasionales y por ejemplo, no serán reportados por los dos cruceros planificados para este año. Otros “blooms” locales y alteraciones particulares como movimiento de contaminantes ocurren en periodos mucho más cortos y es fundamental poder entender estos procesos de corta duración porque sus implicaciones pueden ser muy grandes para el ecosistema. Por ejemplo, se ha visto que fenómenos extremos como tormentas pueden movilizar más del 50% y hasta el 90% de los contaminantes que ingresan a un sistema en todo un año. En el caso del Lago Titicaca, no tenemos casi nada de información sobre el impacto que podrían estar teniendo estos fenómenos climáticos extremos en el ecosistema y es porque casi nunca se toman muestra o datos durante tormentas e incluso el programa de monitoreo de la cuenca del Katari, solo realiza cuatro muestreos al año.

El programa de monitoreo propuesto aquí plantea una periodicidad de colecta de datos de minutos, pudiendo así construir una película completa, en lugar de una fotografía, de lo que ocurre en el Lago Titicaca. Esto permitirá identificar momentos y factores claves que desencadenan los fenómenos más importantes para la diversidad, productividad y salud en general de este ecosistema único en el mundo. Esto es solo posible mediante sondas

automatizadas y brindarán información de una calidad rara vez vista en ningún otro lugar del mundo. Ya hay una experiencia exitosa y provechosa iniciada por los franceses del IRD en cooperación con la UMSA, en la que durante dos años se realizó un importante seguimiento al Lago Titicaca. Se colectaron datos cada 15 o 30 minutos y se ha construido una base de datos única en su tipo. Los datos revelan eventos periódicos de alta productividad del Lago Titicaca, pero aún no sabemos los factores que los determinan y es fundamental poder seguir con este trabajo. El mismo ha sido suspendido a finales del 2014 debido a que el equipamiento era prestado y ahora retornó a Francia. Si el sistema de monitoreo hubiera seguido en su lugar el 2015 seguramente hubiéramos comprendido mejor los factores que dieron lugar al "Bloom" de algas de marzo y abril que terminó matando toneladas de peces e importantes números de anfibios y aves.

Replicación

Una vez instalado el sistema y capacitado el personal la replicación del sistema de monitoreo en distintos puntos representativos del Lago Titicaca será relativamente fácil. El conocimiento necesario para la replicación de estos sistemas no se limitará al personal del MMAyA, Gobernación y Municipios, sino que quedará registrado en publicaciones y en las capacidades desarrolladas por el personal docente de la UMSA. Estos últimos tienen una mayor estabilidad laboral que los técnicos de gobierno y podrán transmitir el conocimiento necesario al gobierno que vaya a ocupar los puestos en el futuro. Además, la información será compartida con el Perú, ya que debido a que es un sistema binacional, y a que los fondos necesarios para la replicación son considerablemente altos no se espera que los costos sean asumidos por las autoridades locales, sino por las regionales y nacionales de ambos países. Sin embargo, se socializarán los resultados con las comunidades para que valoren y cuiden los sistemas de monitoreo, así como para que mantengan una presión sobre las autoridades para mantener los sistemas.

Perspectiva de género y participación de grupos etarios, población indígena y personas con discapacidad

Siendo que el trabajo será realizado por personal de la UMSA y el MMAyA este trabajo únicamente incidirá en la perspectiva de género al asegurar la participación equitativa y sin discriminación de género de los técnicos involucrados tanto inicialmente como los que se vayan a capacitar.

Estrategia de documentación y diseminación de aprendizajes

La principal estrategia para la difusión de los datos generados es la introducción de éstos en bruto y procesados dentro de un geoportal, para que eventualmente toda la información esté accesible a cualquier persona con acceso a internet y un conocimiento básico sobre el manejo de los geoportales. De todas formas, ya se vienen elaborando guías detalladas y simples del manejo de los geoportales dentro de otros proyectos y los mismos esquemas deberían poder ser aplicados al presente proyecto.

La información generada y analizada por la estación piloto de monitoreo del Lago Titicaca será ampliamente diseminada a diferentes públicos. Se generarán publicaciones científicas para el público académico, publicaciones de distribución general para todos los habitantes de la región y la sociedad en general, y finalmente se generarán documentos técnicos de fácil entendimiento para tomadores de decisiones y para que personal técnico relacionado pueda aprovechar esta información. Se realizarán presentaciones orales a algunas de las principales comunidades de la región del Lago Menor, así como también a las autoridades regionales, nacionales y Peruanas involucradas en la administración y conservación del Lago Titicaca.

El manejo de al menos parte de las sondas a emplearse requiere cierta preparación técnica por lo que será difícil que las comunidades por sí sean capacitadas. Sin embargo, se capacitarán técnicos con la formación necesaria a niveles municipales, gobernación y gobierno central. El

proyecto generará manuales básicos para el manejo, manutención, calibración y conservación del equipamiento, así como también para la descarga y análisis de datos, toma de muestras rutinarias y otros.

Arreglos administrativos

El proyecto se administrará a través de una entidad ejecutora que administre los fondos y que permita la contratación de servicios de consultoría. Se designará un coordinador del proyecto, quien será responsable por las actividades diarias y con quien se mantendrá una fluida comunicación. Esta persona será financiada con recursos de cofinanciamiento.

El Ministerio de Medio Ambiente y Agua juega el rol de supervisor. El Ministerio de Relaciones Exteriores como Punto Focal del Proyecto juega el rol de Coordinador General y responsable del envío de los productos con la aprobación de la autoridad de supervisión.

Análisis de riesgos

Riesgo	Nivel (alto, medio bajo)	Medidas de mitigación
Falta de interés de las comunidades en participar del proyecto	Bajo	Se tiene ya conversaciones e interés de gente en Huatajata
Daño al equipo por eventos extremos o mal uso	Bajo	Ya se tiene conocimiento de las previsiones que se deben adoptar para el manejo del equipo.

Marco lógico

Ítem	Indicador	Línea base	Metas	Fuentes de verificación	Riesgos y supuestos
Objetivo general: Comprender la dinámica hidro química y biológica del Lago Titicaca a partir de la implementación de un esquema sostenible de monitoreo automatizado acoplado a un programa de muestreo rutinario.	Nº de factores clave identificados para la variabilidad diaria, estacional y anual	El proyecto Titicaca SENSORS del IRD y la UMSA identificó preliminarmente algunos factores a observar	Confirmar la variabilidad diaria observada en el primer observatorio, identificar la variabilidad estacional en un periodo de 2 años y la variabilidad anual en base a los datos de 4 años (2 de este proyecto y 2 del anterior). Identificar al menos 4 variables clave que deben monitorearse en otros sitios del Lago Titicaca y la frecuencia con la que se deben realizar	Bases de datos en el Geoportal, informes a financiadores y publicaciones científicas.	Suponemos que en Huatajata los climas extremos, o accidentes de las lanchas que por ahí circulan no alterarán el funcionamiento de los equipos

Ítem	Indicador	Línea base	Metas	Fuentes de verificación	Riesgos y supuestos
			las tomas de datos		
Resultado 1: Mejora del conocimiento sobre las dinámicas biogeoquímicas dentro el Lago Titicaca a partir de datos con alta frecuencia de Huatajata.	Nº de variables fisicoquímicas y biológicas identificadas por experimentar fluctuaciones significativas y Nº de publicaciones.	Principales variables, diarias, estacionales y anuales identificadas observadas por dos años	A los dos años del proyecto se identificarán patrones de variación diaria y estacional. A la conclusión del proyecto se contarán patrones de variación anuales y tendencias claras. Se espera una publicación científica	Informes técnico-científicos	Esperamos que no existan dificultades técnicas con los equipos que dificulten o interrumpan el monitoreo.
Resultado 2: Relaciones entre distintos factores y fenómenos particulares en el Lago Titicaca, identificadas para prevenir o al menos anticipar la aparición de "blooms" de algas y otros fenómenos de gran relevancia para la vida y los servicios que brinda el Lago Titicaca	Nº de relaciones entre variables fisicoquímicas y biológicas identificadas y Nº de publicaciones	No se ha identificado ninguna relación.	Al finalizar el proyecto se contará con los factores determinantes de al menos 2 fenómenos de importancia ecosistémica como el bloom de algas y la eutrofización temporal del lago menor. Se espera una publicación científica	Informes técnico-científicos	Se contará con información suficiente para establecer las correlaciones entre variables.
Resultado 3: Personal técnico del MMAyA y de la Gobernación de La Paz capacitados para la toma e interpretación de datos de monitoreo y socialización de la información generada con comunidades locales.	Nº de técnicos de la gobernación y del MMAyA, capacitados en este tipo de monitoreos y talleres en comunidades	No existen técnicos capacitados en este tipo de monitoreo.	Al finalizar el programa se contará con por lo menos 10 técnicos de cada institución capacitados. Generar un manual didáctico para extender la capacitación. También se habrán realizado con las	Registros de capacitación.	La permanencia de los técnicos del inicio al fin del proyecto está asegurada.

Ítem	Indicador	Línea base	Metas	Fuentes de verificación	Riesgos y supuestos
			comunidades al menos 2 talleres de socialización		
Principales actividades del resultado 1:					
1.1. Adquisición de equipamiento					
1.2. Contratación de personal de apoyo					
1.3. Verificación y adecuación del equipamiento					
1.4. Implementación del equipamiento en campo					
1.5. Toma de datos, análisis de datos de la estación en lago Titicaca					
1.6. Toma de muestras					
1.7. Análisis de muestras					
1.8. Interpretación de datos					
1.9. Publicaciones técnicas y científicas.					
Principales actividades del resultado 2:					
2.1. Verificación y adecuación del equipamiento					
2.2. Implementación del equipamiento en campo					
2.3. Toma de datos					
2.4. Análisis de datos de la estación en el Lago Titicaca					
2.5. Toma de datos de la estación climatológica					
2.6. Toma de muestras, análisis de muestras					
2.7. Interpretación de los datos					
2.8. Publicaciones técnicas y científicas.					
Principales actividades del resultado 3:					
3.1. Elaboración del manual de operaciones para los equipos					
3.2. Talleres de capacitación					
3.3. Prácticas en campo con personal capacitado.					
3.4. Talleres de socialización					

Cronograma

Resultado	Meses (Total de 3 años)											
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Actividades												
1.1. Adquicisión												
1.2. Contratación												
1.3. Verificación												
1.4. Implementación												
1.5. Toma de datos												
1.6. Muestreo												

1.7. Análisis muestras											
1.8. Interpretación											
1.9. Publicación											
2.1. Verificación											
2.2. Implementación											
2.3. Toma de datos											
2.4. Análisis de datos											
2.5. Datos climatología											
2.6. Muestreo											
2.7. Interpretación											
2.8. Publicación											
3.1. Manual											
3.2. Talleres											
3.3. Prácticas											
3.4. Socialización											

Roles y responsabilidades

Resultado	Responsable directo	Colaboradores
Mejora del conocimiento sobre las dinámicas biogeoquímicas dentro el Lago Titicaca a partir de datos con alta frecuencia de Huatajata.	UMSA – IRD	MMAyA
Relaciones entre distintos factores y fenómenos particulares en el Lago Titicaca identificadas para prevenir o al menos anticipar la aparición de “blooms” de algas y otros fenómenos de gran relevancia para la vida y los servicios que brinda el Lago Titicaca	UMSA – IRD	MMAyA
Conocimiento de protocolos para la toma e interpretación de datos de monitoreo por parte del personal técnico del MMAyA y de la Gobernación de La Paz, y socialización de la importancia de estos sistemas	MMAyA	UMSA – IRD

Presupuesto

Descripción	GEF (USD)	Unidad Proponente (USD)	TOTAL (USD)
Recursos Humanos	(*)		
2 Investigadores de la UMSA	0	36000	36000
2 Investigadores del IRD	0	36000	36000
1 Investigador asociado		18000	18000
1 Consultor enlace del MMAyA		18000	18000
2 Becarios	4304		4304
Equipamiento – Activos Fijos	0	0	0
1 MP Multi-parameter probe (Cond, pH, Temp., Pres., O ₂ optode)+datalogger, (Subsurface)	33142	0	33142
1 SPAR (PAR)+datalogger, (Subsurface)	10000	0	10000
1 SP2T (Pres., Temp.) +datalogger, (Bottom)	8000	0	8000
1 SDOT (O ₂ optode) +datalogger, (bottom)	8000	0	8000
1 pCO ₂ (optode)+datalogger (Subsurface)	12000	0	12000
2 Data pencil, Radio Pencil	12000	0	12000
2 Insitu MeHg Neo sensor (Temp, Pressure, UV, PAR)+ server data con suscripción a plan de manejo (2 años)	20086	0	20086
500 pruebas descartables de MeHg	5022	0	5022
2 Multiparameter sensor kit for TraceSence Neo Sensor (Cond, pH, Temp., O ₂ galvanic, ORP)	12052	0	12052
1 set de sensores de reemplazo para el multiparámetro	8034	0	8034
2 Smartphone android	1004	0	1004
2 Computadores para colecta y análisis de datos	0	3000	3000
1 Sonda BBE para comunidades de algas	80344	0	80344
Equipamiento de laboratorio		600000	600000

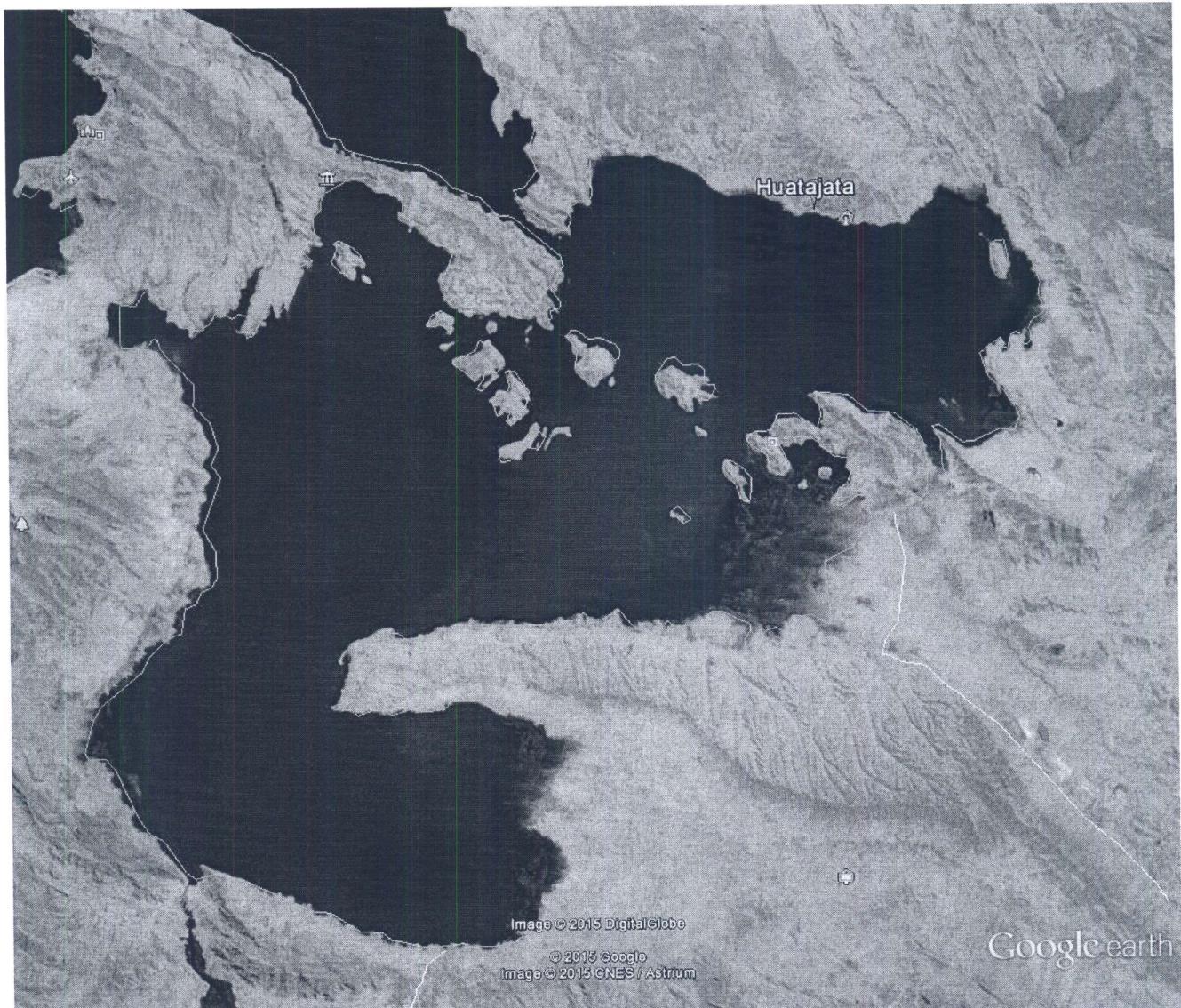
Pasajes y viáticos – Trabajo de campo	0	0	0
Viaticos	2152	2152	4304
Combustible		5000	5000
Alquiler de vehículos		15000	15000
Renta de bote		3000	3000
Adquisición de Materiales y Suministros	0	0	0
Vidrios y plásticos	3587	4304	7891
Reactivos	5600	5000	10600
Material de oficina	200	1000	1200
Respuestos y accesorios	21000	21000	42000
Otros Insumos de Investigación	0	0	0
Análisis de muestras de MeHg	1865	2152	4017
Capacitación y difusión	1608	20000	21608
Presupuesto TOTAL (Bs)	250000	789608	1039608

Fuentes de co-financiamiento

Nombre del co-financiador	Tipo de co-financiamiento [Donación o especie]	Monto (USD)
IE-UMSA	Especie	18437
IRD-Francia	Especie	21090
MMAyA	Especie	750081
Total de co-financiamiento (USD)		789608

Anexos

Área de ubicación del proyecto



Bibliografía

Achá D, Guedron S, Sarret G, Perrot S, Lazzaro X, Timouk F (2015) Evidence about drastic large scale event on a lake ecosystem triggered by climate change? . *Environ Res* **in preparation**

Achá D, Lazzaro X, Point D, Guedron S, Nuñez J, Hardy S, Alvarez MT, Heredia CR, Fernandez PE, Espinosa ME. (2014) 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. UCA-IE-UMSA, La Paz, p. 61.

