

Contaminación hídrica y conservación en el lago Titikaka: ¿Existe suficiente evidencia empírica para tomar acciones concretas?

Francisco E. Fontúrbel*

* Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.
Contacto: fonturbel@gmail.com
<http://uchile.academia.edu/fonturbel>

Resumen

La contaminación en el lago Titikaka es un problema creciente, pero la producción de artículos científicos indexados en temáticas de ciencias ambientales, ecología y conservación es todavía limitada. Un porcentaje considerable de la información generada se publica en español y en revistas locales, o bien queda como literatura gris, de difícil acceso. En base a los antecedentes existentes, propongo desarrollar cuatro aspectos clave de investigación: (1) impacto de las actividades productivas, (2) efectos del enriquecimiento de nutrientes sobre la biodiversidad, (3) identificación de zonas prioritarias de conservación, (4) identificación de las fuentes de contaminación. La información actual es valiosa pero se encuentra dispersa, siendo necesaria una sistematización que permita ordenar lo que hay e identificar los vacíos existentes para tomar decisiones informadas.

Abstract

Pollution in Lake Titicaca Lake is a growing problem, but the production of indexed scientific articles on environmental science, ecology and conservation topics is still limited. A considerable proportion of the information generated is published in Spanish in local journals, or remains as gray literature difficult to reach. Based on previous studies, we propose to develop four key research areas: (1) impact of production activities, (2) effects of nutrient enrichment on biodiversity, (3) identification of priority areas for conservation, (4) identification sources of pollution. Current information is valuable but is scattered, therefore it requires a systematization to put in order information already available and to identify gaps to make informed decisions.

Palabras clave.- Estrategia Ambiental, Investigación Científica, Publicación Indexada, Toma de Decisiones.

Keywords.- Environmental Strategy, Scientific Research, Indexed Publication, Decision Making.

Introducción

La contaminación hídrica debida a actividades antrópicas es un problema mundial en constante aumento, y el lago Titikaka no es la excepción. El incremento del número de pobladores asentados en sus orillas conlleva un incremento en la cantidad de desechos que vierten en sus aguas. Las perturbaciones humanas están relacionadas con las actividades económico-productivas que se llevan a cabo cerca de cuerpos de agua dulce, a los que usualmente van a parar los residuos generados por dichas actividades, reduciendo progresivamente su calidad hídrica (Bertness et ál., 2002; Tilman, 1999).

La situación ambiental del lago Titikaka adquirió relevancia a nivel de la sociedad a partir de denuncias de los pobladores de Bahía Cohana en Bolivia, y de Puno en Perú. La reducción de la calidad hídrica en algunas zonas como Bahía Cohana, ha pasado a ser también un problema social, ya que los elevados niveles de contaminación –y la proliferación de enfermedades asociadas a éstas– afecta la calidad de vida de los habitantes de la región (Fontúrbel, 2008). A raíz de esta situación, surgieron numerosos planteamientos para controlar la contaminación hídrica, pero las acciones concretas que se han tomado hasta la fecha (2010) han sido mayormente focales y de corto

plazo. Para evaluar cuánta información se encuentra disponible en materia de control de la contaminación hídrica y la conservación, realicé una revisión de la literatura científica generada entre 1988 y 2010, con la finalidad de establecer una línea base de la evidencia empírica disponible, y en base a ella, discuto algunos aspectos que considero deberían ser desarrollados a futuro para tomar decisiones informadas respecto a las acciones de control de la contaminación hídrica de este lago.

Evidencia empírica publicada entre 1998 y 2010

Para determinar el número de publicaciones científicas indexadas referentes al lago Titikaka, y específicamente a temáticas ambientales concernientes a Bolivia, se realizó una búsqueda en la base de datos Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) de ISI Web of Knowledge, utilizando primero el término de búsqueda “Titikaca OR Titikaka” (se incluyeron las dos variantes en la búsqueda, ya que ambas formas de escritura se usan indistintamente), para cuantificar el total de publicaciones disponibles entre enero de 1988 y agosto de 2010. Posteriormente, la búsqueda fue refinada usando el término “Bolivia” para cuantificar la cantidad de artícu-

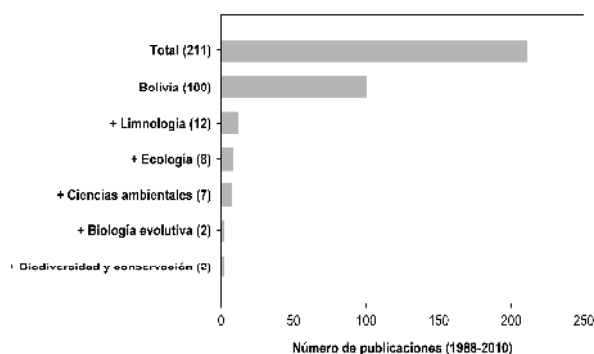


Figura 1. Número de publicaciones referentes al lago Titikaka entre 1988 y 2010. Las áreas temáticas desglosadas corresponden a artículos referentes a Bolivia. El número de artículos en cada caso se muestra entre paréntesis.

los que hacían una mención explícita a este país, y seguidamente se realizó una cuantificación detallada por área de conocimiento.

La búsqueda dio un total de 211 artículos referentes al lago Titikaka, de los cuales 100 (47% del total) hacían referencia a Bolivia. Dentro de los 100 artículos referentes a Bolivia, 37 estaban referidos a temáticas de geología y ciencias de la Tierra, y otros 25 a temáticas ambientales, de ecología, limnología y conservación (Figura 1). Analizando el número de publicaciones por año, se observa un incremento del número de artículos publicados por año referentes al lago Titikaka, sin embargo este número se mantiene en un rango de 0 a 4 publicaciones anuales para temáticas ambientales y de conservación en Bolivia (Figura 2).

Solamente un 25% de los artículos publicados están referidos a temáticas ambientales y ecológicas. De ellos, apenas el 2% de los artículos indexados referentes a la temática del lago Titikaka en Bolivia corresponden a la temática de biodiversidad y conservación. Ahora bien, repitiendo la búsqueda en Google Académico, se encontraron 6640 documentos de diversa índole, referentes al lago Titikaka y a Bolivia, de los cuales 296 corresponden a artículos (de todas las áreas temáticas) indexados en revistas SciELO (Scientific Electronic Library Online), motor de in-

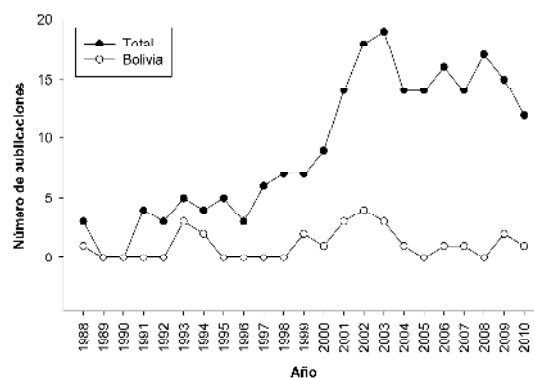


Figura 2. Número de publicaciones por año, referentes al lago Titikaka. Los símbolos negros representan el total de artículos disponibles, y los símbolos blancos los artículos para Bolivia, en temáticas ambientales, de ecología y conservación.

dexación en el que se encuentran varias revistas latinoamericanas de amplia difusión (e.g., Ecología en Bolivia, Ecología Aplicada, Gayana, Iheringia serie Zoología). El 79% (234 de 296) de los artículos SciELO encontrados en la búsqueda, fueron publicados en español.

El contraste entre los resultados obtenidos vía ISI Web of Knowledge y Google Académico, sugiere que la información generada sobre el lago Titikaka tiene más probabilidad de publicarse en revistas de alcance local (i.e., Bolivia) y regional (i.e., Latinoamérica), que en revistas internacionales (indexadas en ISI). El hecho que sólo el 21% de los artículos indexados en SciELO estén escritos en inglés, muestra que el idioma es una barrera importante para la difusión del trabajo de investigadores locales. Además, una cantidad no cuantificada de información se queda en literatura gris (tesis no publicadas, informes, consultorías, etc.), difícilmente accesibles.

Aspectos prioritarios a desarrollar

Los problemas ambientales del lago Titikaka exigen una solución oportuna y eficaz. Para ello, es necesario contar con información suficiente y confiable que permita tomar decisiones informadas al respecto. En este sentido, propongo los siguientes aspectos como prioritarios a investigar: (1) impacto de las actividades productivas sobre la calidad hídrica, (2) efectos del enriquecimiento de nutrientes sobre la biodiversidad, (3) identificación de zonas prioritarias de conservación, (4) identificación de las fuentes de contaminación.

1. Impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad hídrica.

Las actividades económico-productivas de mayor impacto ambiental en la zona del lago Titikaka son: la ganadería de especies exóticas (mayormente ganado vacuno), la agricultura de gran extensión, la acuicultura de peces introducidos (truchas y pejerreyes), y el turismo. Si bien existen datos disponibles al respecto, es necesario sistematizar esta información

(mediante un meta-análisis, por ejemplo), a fin de capturar la variabilidad espacial y temporal del problema, permitiendo evaluar la magnitud y significancia el efecto de cada actividad sobre la biodiversidad. Además, esta sistematización permitiría identificar los vacíos de información existentes. El contar con una base de datos unificada (idealmente, de libre acceso) y en constante actualización, proporcionará la línea base necesaria para la toma de decisiones informadas.

2. Efectos del enriquecimiento de nutrientes sobre la biodiversidad.

El aspecto común de las distintas fuentes de contaminación presentes en el lago Titikaka, es el aporte de nutrientes orgánicos al agua. El constante ingreso de nutrientes a los sistemas lénticos va generando progresivamente un excedente de nutrientes, que da origen a un proceso eutrófico (Hessen *et ál.*, 2006), cuyos efectos negativos sobre la biodiversidad son ampliamente conocidos a nivel mundial (e.g., Kim *et ál.*, 2001), existiendo también bastantes datos para el lago Titikaka. El contar con información de la cantidad de nutrientes y la diversidad biológica en distintos puntos del lago Titikaka es importante, pero no suficiente. Es necesario establecer una relación causa-efecto entre ambas variables, y ello puede ser hecho mediante técnicas estadísticas multivariadas (e.g., análisis de correspondencia canónica), capaces de relacionar una matriz de variables ambientales con una matriz de diversidad de especies para calcular la probabilidad que el patrón observado sea generado al azar. Este tipo de análisis permitirán establecer si el incremento en la carga de nutrientes –y por ende el proceso eutrófico– es responsable o no de la pérdida de biodiversidad.

3. Identificación de zonas prioritarias de conservación.

La información disponible da cuenta de la presencia y estado de numerosas especies en el lago Titikaka (aunque varias son aún poco conocidas). La gran heterogeneidad de hábitat que provee el Titikaka, gracias a su extensión de 8562 km² y diferencias en batimetría de más de 270 m, es uno de los factores

más importantes para la mantener la alta diversidad de especies que posee y sus procesos evolutivos asociados (e.g., la diversificación del género *Orestias*). La contaminación y la degradación ecosistémica no es uniforme de los diferentes hábitats del lago Titikaka, ya que se van interviniendo primero los ambientes de más fácil acceso y de menor profundidad, situación que suele afectar negativa y rápidamente a las especies más sensibles, favoreciendo la proliferación e invasión por parte de especies generalistas y tolerantes a la degradación del hábitat (e.g., la lenteja de agua *Lemna gibba*). Con el apoyo de un sistema de información geográfica, es posible generar mapas de intervención (i.e., huella humana), los que junto con los registros de presencia y abundancia de especies existentes y que se vayan generando, proporcionarían una poderosa herramienta para definir áreas prioritarias de conservación.

4. Identificación de las fuentes de contaminación.

La contaminación proveniente de fuentes mineras en el Altiplano es un problema no menor y bastante bien conocido (Salvarredy-Arangure *et ál.*, 2008). Sin embargo, la información referente a las fuentes de contaminación del lago Titikaka y su impacto real es limitada. Existen diversas denuncias de parte de los pobladores de la zona acerca de contaminación proveniente de El Alto y otros centros poblados que se encuentran en el área de influencia, y a raíz de dichas denuncias se ha verificado, en muchos casos, la presencia de dichos contaminantes, pero se sabe muy poco sobre la fuente de dicha contaminación. Cuando exista sospecha de esta situación, es recomendable que los estudios de la contaminación del lago Titikaka también tomaran en cuenta a los ríos tributarios de zonas fuertemente degradadas (e.g., Bahía Cohana), ya que pueden actuar como potenciales vías de dispersión de contaminantes.

Comentarios finales

La contaminación en el lago Titikaka avanza, y urge la necesidad de encontrar soluciones realistas y tomar acciones –preventivas y correctivas– rápidamente. El

problema ambiental en aumento de este particular ecosistema léntico –declarado sitio Ramsar por su singularidad biológica– no se refleja en un incremento de la literatura científica especializada en temas de ecología, conservación y ciencias ambientales, la que si bien existe, todavía es fragmentaria y deja algunos temas pendientes. Los aspectos que aquí se proponen priorizar son un punto de partida básico hacia la sistematización de la información, pero de ninguna forma representan una restricción a trabajar en otros aspectos. Sobre este punto, insisto una vez más en la necesidad de sistematizar la información existente en una base de datos fácilmente actualizable, e idealmente de libre acceso, que permita superar los obstáculos de acceso a la información.

El responder cuatro preguntas críticas, permitirá tener una comprensión más global del problema, y por ende, pensar en mejores soluciones: ¿cuál es el impacto de cada una de las actividades antrópicas sobre el lago?, ¿es la pérdida de biodiversidad una consecuencia de dichos impactos?, ¿de dónde proviene tal contaminación?, y ¿qué zonas son las más afectadas y dónde hay una mayor cantidad de especies amenazadas?. Estas preguntas (y otras pertinentes que se puedan derivar de ellas), pueden ser una aproximación a pequeña escala del planteamiento de Sutherland et al. (2009). Esta aproximación ayudaría a enfocar los esfuerzos de investigación (así como los recursos económicos de los que ésta depende) y la búsqueda de soluciones (técnica, social y económicamente factibles), hacia puntos críticos de acción, que informen adecuada y objetivamente las decisiones de las autoridades competentes en esta materia, en cuyas manos está la responsabilidad de actuar oportunamente.

Agradecimientos

A Marthadina Mendizábal, por la invitación a participar en este número. Una versión previa de este escrito se benefició de los comentarios de Carla Barriga y Christian Romero.

Referencias bibliográficas

- Bertness, M., Evanchuck, P., Silliman, B.R., 2002. *Anthropogenic modification of New England salt marsh landscapes*. Proceedings of the National Academy of Sciences 99, 1395-1398.
- Fontúrbel, F., 2008. *Contaminación ambiental y cultural en el lago Titikaka: Estado actual y perspectivas*. Fundación emegece - Publicaciones Integrales, La Paz.
- Hessen, D.O., Faafeng, B.A., Brettum, P., Andersen, T., 2006. *Nutrient enrichment and planktonic biomass ratios in lakes*. Ecosystems 9, 516-527.
- Kim, B., Park, J.H., Hwang, G., Jun, M.S., Choi, K., 2001. *Eutrophication in reservoirs of South Korea*. Limnology 2, 223-229.
- Salvarredy-Arangure, M.M., Probst, A., Roulet, M., Isaure, M.P., 2008. *Contamination of surface waters by mining wastes in the Milluni Valley (Cordillera Real, Bolivia): Mineralogical and hydrological influences*. Applied Geochemistry 23, 1299-1324.
- Sutherland, W.J., Adams, W.M., Aronson, R.B., Aveling, R., Blackburn, T.M., Broad, S., Ceballos, G., Cote, I.M., Cowling, R.M., Da Fonseca, G.A.B., Dinerstein, E., Ferraro, P.J., Fleishman, E., Gascon, C., Hunter, M., Hutton, J., Kareiva, P., Kuria, A., MacDonald, D.W., MacKinnon, K., Madgwick, F.J., Mascia, M.B., McNeely, J., Milner-Gulland, E.J., Moon, S., Morley, C.G., Nelson, S., Osborn, D., Pai, M., Parsons, E.C.M., Peck, L.S., Possingham, H., Prior, S.V., Pullin, A.S., Rands, M.R.W., Ranganathan, J., Redford, K.H., Rodriguez, J.P., Seymour, F., Sobel, J., Sodhi, N.S., Stott, A., Vance-Borland, K., Watkinson, A.R., 2009. *One Hundred Questions of Importance to the Conservation of Global Biological Diversity*. Conservation biology 23, 557-567.
- Tilman, D., 1999. *Global environmental impacts of agricultural expansion: the need for sustainable and efficient practices*. Proceedings of the National Academy of Sciences 96, 5995-6000.