



C-4

BIOMONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUAS EN EL SISTEMA TDPS

WATER QUALITY BIOMONITORING IN THE TDPS SYSTEM

Edgar Goitia, UMSS-ULRA, Cochabamba. limnoed@fcyt.umss.edu.bo

Nabor Moya, UNIBOL QUECHUA "Casimiro Huanca", Chimoré, Cochabamba, Bolivia

Thierry Oberdorff, IRD-BOREA y UMSS-ULRA, Cochabamba, Bolivia.

RESUMEN

Los ríos del sistema hídrico Titicaca, Desaguadero, Poopó y Salar de Coipasa (TDPS), se encuentran con un alto grado de impacto, principalmente provocados por procesos antrópicos debidos al vertimiento de aguas residuales urbanas y mineras, así como a las actividades agrícolas. Tomando en cuenta estos aspectos es necesario desarrollar políticas claras de gestión para evitar la continua degradación de estos ecosistemas. Se propone desarrollar un Índice de Integridad Biótica (IBI) en todo el sistema TDPS, además de la adecuación del índice BMWP/Bol, ambas para la evaluación del estado ecológico de los ríos tomando en cuenta una red de biomonitoreo que utilizará como bioindicadores a los macroinvertebrados acuáticos. Esta red de biomonitoreo permitirá establecer las bases para la planificación de la prevención, el control y la restauración de ambientes fluviales que han sido afectados por las perturbaciones antrópicas.

PALABRAS CLAVE: BMWP/BOL, ESTADO ECOLÓGICO, ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA, MACROINVERTEBRADOS

ABSTRACT

Streams and rivers of the Titicaca, Desaguadero, Poopó and Salar de Coipasa hydrological system (TDPS) are subjected to an increasing environmental degradation due to chemical (e.g. heavy metals, pesticides, fertilizers) and organic (e.g. domestic and cattle-raising waste water) loadings. In this context it becomes increasingly necessary to develop water policies for avoiding future environmental degradation. To reach this goal we propose to develop a biotic index based on macroinvertebrates to evaluate biotic integrity and biodiversity over the all TDPS system. The proposed index could be later used to identify rivers where restoration activities are needed and to monitor trends in biotic integrity and biodiversity over time.

KEY WORDS: BMWP/BOL, BIOTIC INDEX, ECOLOGICAL CONDITION, MACROINVERTEBRATES, WATER QUALITY

C4.1. INTRODUCCIÓN

El sistema hídrico Titicaca, Desaguadero, Poopó y Salar de Coipasa (TDPS) es una parte del altiplano boliviano, el cual es una planicie tropical muy grande ubicada a gran altura, desde los 3 600 m.s.n.m., tiene una compleja topografía, geología, un clima con amplia variación estacional y diaria en temperatura y precipitación, fuerte radiación solar y baja presión atmosférica (Jacobsen & Marín 2008). En esta región se encuentra el lago Titicaca, a 3 810m de altura y produce un microclima local que permite diversos tipos de cultivos en sus alrededores, que son las fuentes principales de ingreso económico a las poblaciones de esa región; también se encuentra el lago Poopó el cual se une con el lago Titicaca mediante el río Desaguadero pasando por el lago Uru Uru a través de uno de sus brazos.

Los ríos que drenan el altiplano, y los lagos, están influenciados por características ambientales naturales y además se encuentran altamente impactadas, principalmente por procesos antrópicos provocados por el vertimiento de aguas residuales urbanas y mineras, el cual repercute en el funcionamiento ecológico (PNUMA 2011). Estos ambientes son también una fuente de agua importante para las poblaciones del altiplano así como también de pobladores que viven a menor altura como en la ciudad de La Paz.

Tomando en cuenta las diversas actividades que se desarrollan en el sistema TDPS, es necesario determinar el “estado ecológico” de los ríos, entendiéndose como la calidad de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos de aguas superficiales, con un enfoque de “integridad biológica” el cual incluye a las comunidades acuáticas para su evaluación, además de los análisis físicos, químicos e hidromorfológicos, en estos ambientes. Para ello es necesario estudiar y medir los componentes de las comunidades biológicas, entre las que se encuentran los macroinvertebrados bentónicos, que se proponen para el monitoreo de los ambientes acuáticos de este sistema y a la larga podrían integrarse otras comunidades biológicas (fitoplancton, flora acuática y peces).

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que se pueden ver a simple vista y proporcionan excelentes señales sobre la calidad o estado ecológico de los ecosistemas lóticos, por esta razón pueden ser usados en el biomonitorio para entender cómo se encuentran estos ambientes acuáticos; algunas poblaciones pueden ser tolerantes o intolerantes a ciertas condiciones del medio y la presencia o ausencia de algunos grupos nos indican adecuadamente su estado.

Los macroinvertebrados incluyen larvas y adultos de insectos, así como moluscos, crustáceos, planarias, sanguijuelas, ácaros y lombrices de agua.

C4.1.1. ANTECEDENTES

Los ríos altoandinos, en general son los menos estudiados entre los ecosistemas de aguas

continentales; la fauna bentónica de los sistemas lóticos del altiplano boliviano y de la cordillera adyacente ha tenido mayor relevancia durante los últimos años desde los estudios de Dejoux (1988) donde establecen la presencia de algunas especies de macroinvertebrados colectados en algunos ríos de este sistema; posteriormente en un estudio sobre la tipología de ríos en esta región, Wasson & Marín (1988) discuten sobre la distribución de estos organismos, incluyendo la descripción del hábitat; Wasson *et al.* (1998) estudiaron la variabilidad hidromorfológica y la comunidad bentónica en cinco ríos de los Andes; otros estudios que incluyen a los macroinvertebrados bentónicos, a nivel ecológico, son los de Lévêque *et al.* (2005), Maldonado *et al.* (2007), Molina *et al.* (2008), Jacobsen & Marín (2008), Moya *et al.* (2009), Williams *et al.* (2012).

En los últimos años, tomando en cuenta el grado de perturbación al que han sido sometidos los ríos de este sistema, se han realizado algunos estudios para determinar la calidad o estado ecológico de estos ecosistemas, enmarcados en el desarrollo o el uso de índices bióticos con el fin de establecer herramientas para el biomonitorio de ríos tomando en cuenta a los macroinvertebrados como indicadores del estado ecológico o la salud de estos sistemas; entre ellos podemos mencionar algunos trabajos sobre la evaluación ambiental del lago Poopó y sus ríos tributarios (UTO-MINCO-FUNDECO-KOMEX 2007), donde se utilizan a los macroinvertebrados mediante el índice BMWP, otros estudios desarrollados por Moya *et al.* (2008, 2011) establecieron un índice multimétrico (IBI), el mismo que puede ser aplicable para evaluar y monitorear los ríos que sufren distintos tipos de alteración antropogénica, entre ellos la agrícola, doméstica y minera, siendo esta última la que genera mayor impacto sobre la fauna acuática.

Asimismo, Jacobsen & Marín (2008) probaron la respuesta de distintos índices bióticos y otras medidas como la riqueza, en relación a las variaciones de temperatura y oxígeno disuelto, donde los índices bióticos como el BMWP, ASPT y FBI resultaron más sensibles a la disminución de oxígeno asociado a la polución, pero no así a la temperatura.

Por otro lado, Rocabado & Goitia (2011) desarrollaron una guía para evaluar la calidad de aguas mediante el índice BMWP/Bol, adaptada para Bolivia tomando como base el BMWP original de Inglaterra. Este trabajo ha sido desarrollado para los ríos de las tres cuencas principales de Bolivia, resultando más aplicable para la región del Altiplano y los Valles Interandinos. Mediante este índice se realizó una evaluación del estado ecológico de las aguas superficiales de la cuenca del lago Poopó, propuesto por el Programa Cuenca Poopó, determinándose un alto grado de contaminación en sus ríos (Goitia & Maldonado 2012).

C4.2. VACÍOS DE INFORMACIÓN SOBRE BIOMONITOREO

Si bien la subcuenca Poopó ha sido estudiada en los últimos años (UTO-MINCO-FUNDECO-KOMEX 2007, Goitia & Maldonado 2012), las otras subcuencas, dentro del sistema TDPS, no han sido muy examinadas.

La poca información existente sobre biomonitorio del estado ecológico de los ríos en el sistema TDPS se encuentra fragmentada, habiéndose realizado en solo pocos arroyos de una cuenca dentro del área del sistema TDPS (Jacobsen & Marín, 2008), o por otro lado, incluyen pocos arroyos dentro de un trabajo a escala regional (Moya *et al.* 2011, Villamarín *et al.* 2013), donde la mayoría de los arroyos se sitúan en regiones fuera del sistema TDPS. Es por ello que hay la necesidad de desarrollar un plan y un método de biomonitorio estándar que abarque geográficamente todas las subcuencas del sistema TDPS.

El plan de biomonitorio que incluya el análisis de variables físicas y químicas, permitirá evaluar y controlar la perturbación del estado ecológico de los ríos en el sistema TDPS, lado boliviano.

C4.3. PROPUESTA DE BIOMONITOREO PARA EL SISTEMA TDPS

En el sistema TDPS, donde gran parte de los ríos aún se encuentran en condiciones poco alteradas, hay una creciente necesidad de desarrollar políticas claras de gestión de calidad de aguas, para evitar en el futuro una posible degradación de estos sistemas acuáticos. Para alcanzar este propósito es necesario desarrollar herramientas prácticas y efectivas usando criterios biológicos para monitorear la calidad de los recursos acuáticos. Estas herramientas necesitan ser eficientes, con base ecológica y adecuadamente aplicables a diferentes lugares. Sin embargo, el uso de estas herramientas sobre amplias áreas geográficas, requiere una comprensión detallada tanto de los patrones de distribución y composición de las comunidades entre cuerpos de aguas bajo condiciones naturales, y la naturaleza de los gradientes ambientales que causan o al menos explican esos patrones. Con esta base es posible discriminar la respuesta de la biota acuática a los estresores provenientes de las actividades humanas como también de la variación ambiental natural.

Con estos antecedentes, se proponen algunos objetivos para el desarrollo de métodos y un plan de monitoreo para la evaluación del estado ecológico de los ríos del sistema TDPS.

OBJETIVO 1

Desarrollar un índice multimétrico (tipo IBI, Moya *et al.* 2011) basado en comunidades de macroinvertebrados bentónicos para evaluar la integridad ecológica de los ríos del sistema TDPS, y adecuar el BMWP/Bol (Rocabado & Goitia 2011) como herramienta de fácil uso. Los

macroinvertebrados son de interés particular por su presencia en muchos cuerpos de agua, la facilidad de muestreo, el rápido cambio en la estructura trófica, composición y abundancia de algunos grupos a diversos tipos de perturbación y su naturaleza sedentaria que proporciona una buena señal espacial de lo que ocurre en cada hábitat muestreado.

OBJETIVO 2

Se determinará las fuentes puntuales de contaminación realizando un inventario y cuantificando las cargas contaminantes, y se aplicaran los índices para determinar el grado de contaminación en las zonas de influencia.

OBJETIVO 3

Se implementará una red de monitoreo de la calidad ambiental de las aguas de la cuenca tomando en cuenta las fuentes puntuales de contaminación (alrededor de 30 sitios de muestreo uniformemente distribuidos en toda la cuenca TDS) y 30 sitios considerados de referencia, en lugares donde no se observen fuentes de contaminación antropogénica. Estos sitios serán muestreados cada dos o tres años. Con base en esta red de monitoreo se podría dimensionar la evolución (negativa o positiva) del estado ecológico de los ríos en el TDPS.

Tomando en cuenta la red de monitoreo establecida por el programa PNUMA – Lago Titicaca (MMAyA 2011), para el sistema TDPS, la figura C4-1 muestra la red de calidad de agua ya establecida, al cual se le suman ríos localizados en la región de Sajama, que pueden ampliar la red y además servir de referencia en cuanto al estado ecológico de los ríos.

Los resultados permitirán aportar bases para planificar la prevención, el control y la restauración de ambientes fluviales afectados y/o amenazados por perturbaciones antrópicas en la cuenca endorreica del Altiplano. Además, el proyecto permitirá la capacitación técnica de recursos humanos a nivel de las instituciones participantes y la transferencia de una herramienta básica a instancias de gestión ambiental (gobernación, municipios, empresas de agua potable, gestores ambientales) que apoyará sus futuras acciones competentes al manejo integral de las cuencas.

C-4 Biomonitoreo de la calidad de aguas en el Sistema TDPS

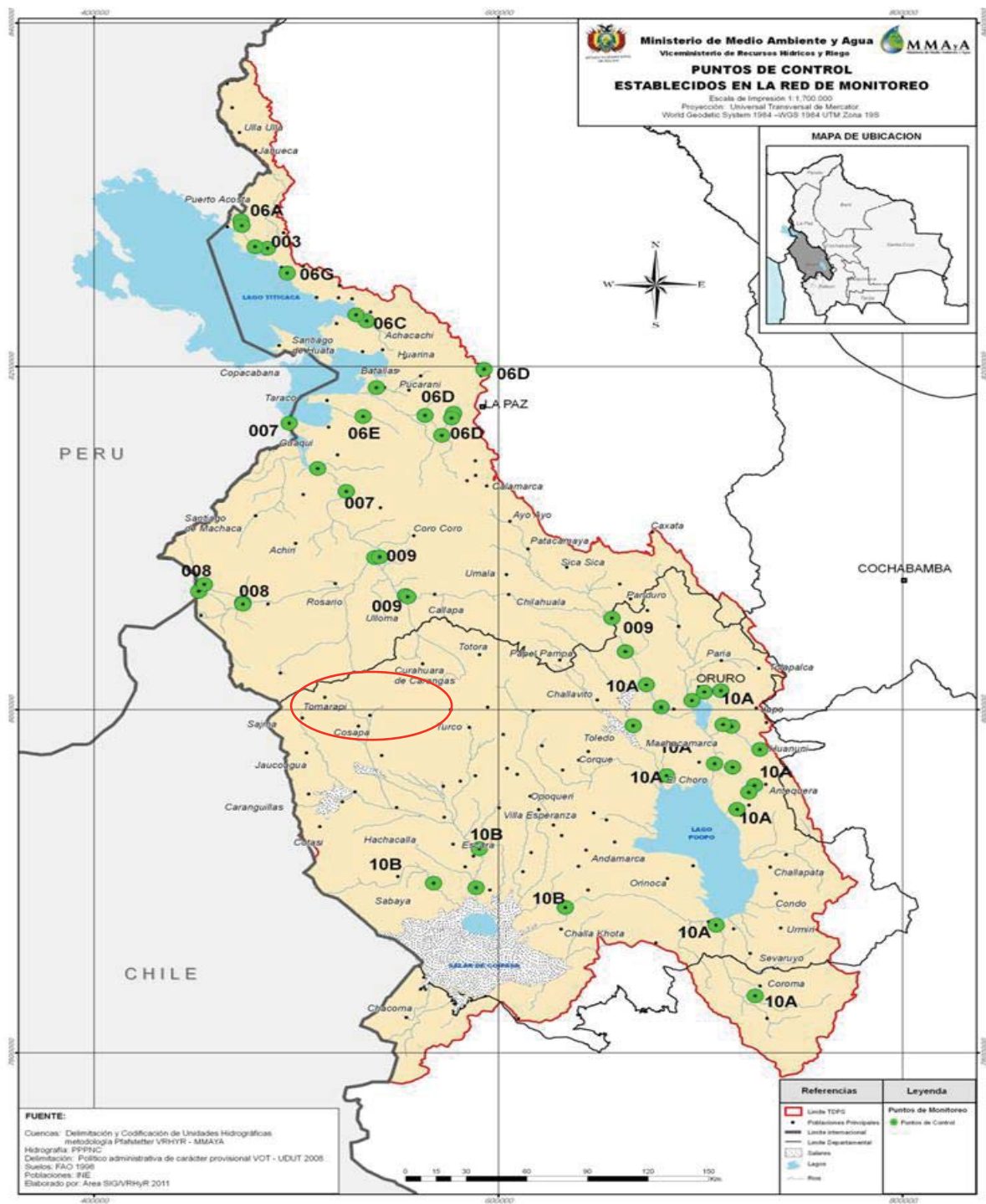


Figura C4-1. Red de Monitoreo establecida por el programa PNUMA – Lago Titicaca, la elíptica roja indica posibles nuevos puntos de monitoreo. Extraído de MMAyA 2011.

C4.4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Goitia E. & Maldonado M. 2012. Análisis biológico de aguas superficiales y fuentes de provisión de aguas salubres dentro la Cuenca Poopó. Programa de Gestión Sostenible de los Recursos Naturales de la Cuenca del Lago Poopó. Estado Plurinacional de Bolivia – Unión Europea. Gobierno Autónomo Departamental de Oruro. 53 p.
- Jacobsen D. & Marín R. 2008. Bolivian Altiplano streams with low richness of macroinvertebrates and large diel fluctuations in temperature and dissolved oxygen. *Aquat. Ecol.* 42: 643-656.
- Léveque C., Balian E. V. & Martins K. 2005. An assessment of animal species diversity in continental waters. *Hydrobiologia* 542: 39-67.
- Maldonado M., Goitia E. & Bustamante M. 2007. Patrones de composición y distribución de la fauna bentónica fluvial sobre gradiente geofísico y bioclimático en Bolivia, p. 1143-1149. In Feyen J., Aguirre L. & Moraes M. Eds. Congreso Internacional sobre Desarrollo, Medio Ambiente y Recursos Naturales, Vol II. UMSS-LEUVEN-VLIR. Cochabamba, Bolivia.
- MMAYa. 2011. Plan de monitoreo de calidad del agua en el Sistema Hídrico Titicaca, Poopó y Salar de Coipasa – Bolivia. Estado Purinacional de Bolivia, Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Bolivia. 61 p.
- Molina C.A., Gibon F.-M., Pinto J. & Rosales C. 2008. Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la cordillera Real, Bolivia: Variación anual y altitudinal en relación a factores ambientales. *Ecología Aplicada* 7: 105-116.
- Moya N., Hughes R. M., Domínguez E., Gibon F. M., Goitia E. & Oberdorff T. 2011. Macroinvertebrate-based predictive models for evaluating the human impact on biotic condition of Bolivian streams. *Ecological Indicators* 11: 840-847.
- Moya N., Gibon F. M., Oberdorff T., Rosales C. & Domínguez E. 2009. Comparison of aquatic macroinvertebrate communities from intermittent and perennial Bolivian headwater Andean streams: Implications for future climate change. *Revista de Ecología Aplicada* 8:105-114.
- Moya N., Gibon F. M., Oberdorff T. & Domínguez E. 2008. Desarrollo de un índice multimétrico para la evaluación de la calidad de las aguas de los ríos altoandinos de Oruro, Bolivia. *Memorias Coloquio Internacional "Contaminación en los Andes y la Amazonía"*.
- PNUMA 2011. Perspectivas del Medio Ambiente en el sistema Hídrico Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa TDPS. PNUMA, Colombia. 187p.
- Rocabado G. & Goitia E. 2011. Guía para la evaluación de la calidad acuática mediante el índice BMWP/Bol. Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego, Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Bolivia. 84p.
- UTO-MINCO-FUNDECO-KOMEX. 2007. Evaluación ambiental del lago Poopó y sus ríos tributarios. Universidad Técnica de Oruro, Worley Parsons Komex, Mining consulting & Engineering y Laboratorio de Limnología de La Paz. Bolivia.
- Villamarín C., Rieradevall M., Paul M., Barbour M.T. & Prat N. 2013. A tool to assess the ecological condition of tropical high Andean streams in Ecuador and Peru: The IMEERA index. *Ecological Indicators* 29:79-92.
- Williams J. J., Brooks S. J. & Gosling W. D. 2012. Response of chironomids to late Pleistocene and Holocene environmental change in the eastern Bolivian. *Andes. J. Paleolimn.* DOI 10.1007/s10933-012-9626-1.
- Wasson J. G. & Marín R. 1988. Tipología y potencialidades biológicas de los ríos de altura en la región de La Paz (Bolivia): Metodología y primeros resultados. *Memoria Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*. Tomo XLVIII. Suplemento:97-122.
- Wasson J. G., Marín R., Guyot J. L. & Maridet L. 1998. Hydro-morphological variability and benthic community structure in five high altitude Andean streams (Bolivia). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26:1169–1173.

M. Pouilly, X. Lazzaro,
D. Point & M. Aguirre

Línea base de conocimientos sobre los recursos hidrológicos e hidrobiológicos
en el sistema TDPS con enfoque en la cuenca del Lago Titicaca

Línea base de conocimientos sobre los recursos hidrológicos e hidrobiológicos en el sistema TDPS con enfoque en la cuenca del Lago Titicaca

Convenio UICN-IRD N°303117/00

Coordinación
Marc **POUILLY**
Xavier **LAZZARO**
David **POINT**
Mario **AGUIRRE**



**Línea base de conocimientos sobre los recursos hidrológicos
e hidrobiológicos en el sistema TDPS
con enfoque en la cuenca del Lago Titicaca**

La designación de entidades geográficas y la presentación del material en esta publicación no implican la expresión de ninguna opinión por parte de la UICN respecto a la condición jurídica de ningún país, territorio o área, o de sus autoridades, o referente a la delimitación de sus fronteras y límites.

Los puntos de vista que se expresan en esta publicación no reflejan necesariamente los de la UICN.

Publicado por: UICN, Quito, Ecuador e IRD Institut de Recherche pour le Développement.



Con el auspicio de:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE

Con la colaboración de:



UMSA – Universidad
Mayor de San Andrés,
La Paz, Bolivia



UMSS – Universidad
Mayor de San Simón,
Cochabamba, Bolivia

Derechos reservados: © 2014 Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales.

Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros fines no comerciales sin permiso escrito previo de parte de quien detenta los derechos de autor con tal de que se mencione la fuente.

Se prohíbe reproducir esta publicación para venderla o para otros fines comerciales sin permiso escrito previo de quien detenta los derechos de autor.

Cita de obra completa: M. Pouilly; X. Lazzaro; D. Point; M. Aguirre (2014). Línea base de conocimientos sobre los recursos hidrológicos en el sistema TDPS con enfoque en la cuenca del Lago Titicaca. IRD - UICN, Quito, Ecuador. 320 pp.

Revisión: Philippe Vauchel¹, Bernard Francou¹, Jorge Molina², François Marie Gibon¹; ¹ IRD, ² UMSA

Disponible en: <http://www.uicn.org/sur>

EDITORES: UICN – Mario Aguirre ; IRD – Marc Pouilly, Xavier Lazzaro & David Point

IMPRESIÓN: Talleres Gráficos PÉREZ Tel. +(591-2) 225 5911 graficaleopez@gmail.com

DEPÓSITO LEGAL nº 4-1-196-14PO, La Paz, Bolivia

ISBN nº 978-99974-41-84-3

IMPRESO EN BOLIVIA