

Nota informativa N° 3 del proyecto:

De las Cumbres a la Costa: Desarrollando Conciencia y Resiliencia frente al Cambio Climático en cuencas de Ancash y Piura

Febrero 2011

La biodiversidad como herramienta para evaluar la calidad del agua en la Cordillera Blanca en el contexto del cambio climático

Raúl Loayza Muro y Rafaela Elías Letts

Laboratorio de Ecotoxicología, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú

Esta publicación es posible gracias a TMI, organización de conservación global, y al apoyo generoso del pueblo Americano por medio de la Agencia de Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID). Los contenidos de este documento reflejan la visión del autor pero no necesariamente las de TMI, USAID o el gobierno de los EEUU.

Este artículo resume los trabajos de investigación realizados por los autores en la cuenca del río Santa desde el año 2006 con apoyo del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica del Perú, Fogarty International Center, International Foundation for Science y la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Los resultados de dicha investigación se proyectan a la necesidad urgente de establecer líneas de base en la cuenca del río Santa, donde el retroceso de los glaciares podría afectar aún más la calidad del agua.

■ Panorama general

La expansión de poblaciones humanas y actividades económicas está llevando a un creciente deterioro de la calidad de los ríos de los Andes peruanos. En la actualidad, los impactos ambientales ocasionados por la contaminación con residuos domésticos, agrícolas y mineros en el río Santa representan un problema de grandes proporciones, cuya tendencia es hacia niveles más críticos. A pesar de ello,



sólo es posible establecer la calidad del agua en forma relativa, pues no existe un sistema de monitoreo universal y adecuado de los cuerpos de agua en el ámbito de la cuenca porque los muestreos son realizados de forma discontinua y los criterios de evaluación no son uniformes. Ello hace que la evaluación de la calidad del agua no sea siempre confiable y no se puedan tomar decisiones adecuadas sobre su manejo y uso, lo cual representa un grave riesgo para la biodiversidad, la salud humana y la productividad de actividades económicas. Por otro lado, la Cordillera Blanca se ha convertido en un ecosistema muy sensible frente al aumento de la temperatura por el cambio climático, lo que está produciendo el deshielo acelerado de sus glaciares y el consecuente agotamiento de las fuentes de agua y la alteración de los ciclos hidrológicos en la cuenca del río Santa. La contaminación de las aguas y la elevada radiación solar en los Andes tropicales representan dos factores de estrés importantes que pueden afectar de manera sinérgica la funcionalidad de los ecosistemas dulceacuícolas andinos. En este escenario, resulta importante desarrollar metodologías apropiadas de monitoreo de los recursos hídricos para garantizar un diagnóstico y aprovechamiento apropiados, y que involucren de manera activa a las comunidades y a los sectores académico, social y político..

■ Situación ambiental en la Cordillera Blanca: retroceso glaciar y calidad de agua

La Cordillera Blanca representa el 70% de los glaciares tropicales del mundo. Estos hielos son una fuente importante de agua para el uso doméstico, agrícola y ganadero en ciudades ubicadas en la base del río Santa, por encima de los 2500 msnm. Sin embargo, la permanencia de estos hielos está siendo gravemente afectada por la reducción de la cobertura nubosa, el calentamiento general de la atmósfera y una elevada radiación solar, que seguirán aumentando durante las siguientes décadas (Vuille et al., 2008). Estos factores han convertido a la Cordillera Blanca en uno de los ecosistemas más sensibles de la Tierra, donde se observa desde hace varios años el retroceso de los hielos por derretimiento y la alteración de los ciclos hidrológicos en los ríos y arroyos (Mark and McKenzie, 2007). El deshielo ha dejado también rocas mineralizadas expuestas a la intemperie, lo que favorece su oxidación y lixiviación, produciendo drenaje ácido natural y movilización de metales hacia los cuerpos de agua.



Con respecto a las fuentes de contaminación, las actividades mineras de pequeña escala son las que originan el mayor impacto sobre la cuenca alta, pues trabajan por debajo de los estándares de producción limpia y carecen de un adecuado plan de manejo ambiental. Sin embargo, existe evidencia de una intensa explotación pasada que ha dejado también un pasivo ambiental disperso formado por socavones, desmontes, canchas de relave, tajos abiertos y efluentes abandonados. Entre éstos, los desmontes y canchas de relave depositados de forma inadecuada en las proximidades de los cuerpos de agua representan un enorme riesgo de contaminación masiva ante la posibilidad de un fenómeno telúrico. Este peligro se ve acentuado por la inestabilidad del terreno, que podría además incrementar los sólidos y metales en suspensión en la columna de agua. Otra fuente de contaminación son los drenajes ácidos provenientes de minas abandonadas u operativas, y drenajes naturales. En este caso, la actividad de microorganismos y los procesos de lixiviación y oxidación de minerales sulfurados aumentan la acidez del agua (pH 2,0 – 5,0) y la concentración de metales disueltos por encima de los criterios establecidos por la Ley General de Aguas (LGA) para uso doméstico, agropecuario y protección de la fauna acuática (DESA, 2002; UNEP, 2003; Zumarán, 2007). Nuestras investigaciones han determinado niveles inusualmente altos de metales, como por ejemplo 13.07 mg/L aluminio, 3.49 mg/L arsénico, 19.65 mg/L manganeso, 0.876 mg/L plomo y 16.08 mg/L zinc, siendo las concentraciones de algunos metales en arroyos contaminados hasta 3500 veces más altas que en arroyos limpios (Loayza-Muro et al. 2010).

Los vertimientos domésticos de las ciudades y pueblos localizados entre la naciente y desembocadura del río Santa son también uno de los principales problemas de contaminación. A pesar de que la LGA establece que toda descarga de aguas servidas debe realizarse previo tratamiento, los responsables de los vertimientos a los ríos (municipalidades y empresas públicas y privadas de saneamiento) no cumplen con esta norma. Esta elevada contaminación bacteriológica es un riesgo para la salud humana y para las actividades agrícolas. Estas últimas, sin embargo, son otra fuente importante de contaminación, cuyos residuos orgánicos y de plaguicidas son difíciles de tratar debido a su carácter difuso. Con respecto a los efluentes industriales, estos se vierten por lo general en el sistema urbano de alcantarillado, lo cual puede complicar los procesos de tratamiento de aguas residuales (DESA, 2002).

La creciente demanda por recursos hídricos en el ámbito de influencia de la Cordillera Blanca debido al incremento de las poblaciones y actividades económicas como la agricultura y minería, y la rápida disminución de estos recursos calculada para las siguientes décadas por causa del cambio climático, están generando una urgente necesidad de utilizar el agua de manera racional y equitativa, satisfaciendo las necesidades y expectativas de todos los sectores. Esto supone que la gestión y el manejo de los recursos hídricos garanticen la conservación y sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos, siendo imprescindible la aplicación de metodologías confiables de evaluación de la calidad del agua.

■ Métodos de evaluación de la calidad del agua: las ventajas de los índices bióticos

En nuestro país, el método más empleado para evaluar los impactos originados por distintos contaminantes en ríos y lagunas es el análisis químico del agua. Si bien éste brinda datos precisos sobre las condiciones en el instante de la toma de muestra, no ofrece información sobre aquellos contaminantes que se encuentran por debajo de los límites de detección ni una evidencia clara sobre relaciones de causa-efecto entre contaminantes e impactos ecológicos (Karr, 1993). Una forma de complementar este método y caracterizar de forma adecuada la salud de estos ecosistemas es el uso del monitoreo biológico, el cual permite evaluar los efectos de la contaminación a través de las respuestas de las comunidades de organismos indicadores (Hopkin, 1993). A pesar de que estos modelos son parte de los criterios de evaluación de calidad del agua y legislación ambiental en otros países, como Costa Rica y España, en el Perú son muy poco conocidos.

El biomonitoreo mediante organismos indicadores es un método conveniente para determinar tendencias espaciales y temporales de la contaminación y del cambio climático, para evaluar sus impactos ecológicos, y el deterioro o recuperación de ecosistemas acuáticos (Rosenberg & Resh, 1993). Dentro de esta aproximación, los macroinvertebrados bentónicos han sido utilizados con éxito como centinelas de la calidad del agua por su amplia distribución, su rol ecológico en diversos hábitats, y por su sensibilidad frente a cambios ambientales y presencia de contaminantes (Jacobsen, 1998; Clements et al., 2008). Las variaciones en la composición de las comunidades indicadoras son respuestas que pueden interpretarse como signos evidentes de algún tipo de contaminación o estrés ambiental. La cuantificación de tales variaciones es el fundamento para la aplicación de índices bióticos para clasificar la calidad del agua.

Desde el año 2006, nuestras investigaciones se han orientado a la adaptación de los índices EPT (Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera), BMWP (Biological Monitoring Working Party) y ASPT (Average Score Per Taxon) para evaluar la calidad de arroyos de la Cordillera Blanca y Negra. En estos índices, cada familia de organismos tiene asignado un puntaje de acuerdo a su sensibilidad a la contaminación. La suma de puntajes para un lugar específico genera el valor del índice, el cual se ubica luego en un rango de valores que clasifican la calidad del agua, de muy mala a muy buena. Cada rango tiene un color que luego es representado en un mapa hidrográfico, con lo que se obtiene una expresión sintética de la calidad del agua que es entendida con facilidad por el público. Otra ventaja importante de este método es que es económico, por lo que el ahorro generado serviría para canalizar los recursos hacia análisis fisicoquímicos en zonas conflictivas donde se requiera caracterizar de forma exhaustiva las condiciones del agua. Por otro lado, se puede obtener resultados 'a pie de río' en diferentes puntos y en un solo día, y sólo requiere identificar los organismos a nivel de familia, sin necesidad de ser un taxónomo especialista.

Los resultados de nuestras investigaciones han sido positivos en cuanto a la correspondencia entre los valores calculados de los índices y niveles de contaminación por

metales en el agua. Sin embargo, no podemos aún concluir que estos índices se encuentren completamente adaptados a las condiciones particulares de estos arroyos, por lo que se requiere de experiencias piloto y extensión de la cobertura geográfica en el ámbito de la Cordillera Blanca para tener mayor representatividad. Esto permitirá en el futuro prescindir de análisis químicos costosos y evaluar la calidad del agua a partir de la presencia de estos indicadores biológicos.

■ Proyecciones y recomendaciones

El retroceso glaciar en cuencas Andinas, donde la calidad del agua se está deteriorando debido a procesos naturales de acidificación y remoción de metales, y a la creciente actividad humana, es un llamado de urgencia a monitorear la salud ambiental de los ecosistemas, y en especial del agua. La herramienta de biomonitoreo puede ser aplicada para el seguimiento, conservación y manejo de cuencas por parte de instituciones estatales, regionales y locales. Por la naturaleza del método, puede ser replicado en diferentes regiones como parte de las evaluaciones ambientales para identificar de forma temprana posibles impactos derivados de procesos naturales o actividades humanas. Además, este método facilita la participación de los diferentes actores (locales, regionales, estatales) en las campañas de muestreo y a través de la enseñanza de las técnicas básicas de colecta, manipulación de equipos de campo e interpretación de resultados.

Para lograr estos objetivos a largo plazo proponemos las siguientes recomendaciones:

1. Una participación activa y conjunta de los sectores académico, político y empresarial que involucre a las poblaciones locales que necesitan hacer un mejor uso del agua.
2. Determinar zonas de riesgo para la calidad del agua y las potenciales fuentes de contaminación: residuos domésticos, drenajes ácidos naturales, actividades mineras activas y abandonadas, etc.
3. Realizar muestreos de indicadores en diversos puntos de la Cordillera Blanca para ampliar la base geográfica y replicar los resultados obtenidos a la fecha en lugares específicos.
4. Con el resultado del punto anterior se generará información para la elaboración de manuales o cartillas rápidas de identificación con las fotografías y características de los organismos indicadores más importantes, que podrán ser usados por los grupos locales encargados de los monitoreos bajo supervisión de una institución académica.
5. Realizar la implementación de este método a nivel de microcuencas, usando los colores para el cartografiado de la calidad del agua de manera que pueda ser entendido por los pobladores locales como un método complementario de manejo y conservación de los recursos hídricos. ■

Bibliografía seleccionada y recursos adicionales

Clements, WH, Brooks, ML, Kashian, DR, et al. 2008. Changes in dissolved organic material determine exposure of stream benthic communities to UV-B radiation and heavy metals: implications for climate change. *Global Change Biology* 14, 2201 – 2214.

DESA (Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental). 2002. Vertimientos y pasivos ambientales en la cuenca del Río Santa.

Hopkin, S. P. 1993. *In situ* biological monitoring of pollution in terrestrial and aquatic ecosystems. In: *Handbook of Ecotoxicology*. Vol 1 (Calow, P., ed). Oxford. Blackwell Scientific. pp. 397–427.

Jacobsen, D. 1998. The effect of organic pollution on the macroinvertebrate fauna of the Ecuadorian highland streams. *Archives of Hydrobiology* 143(2), 179–195.

Karr, J. R. 1993. Defining and assessing ecological integrity: beyond water quality. *Environmental Toxicology and Chemistry* 12, 1521–1531.

Loayza-Muro, R., Elías-Letts, R., Marticorena-Ruíz, J., Palomino, E. J., Duivenvoorden, J. F., Kraak, M. H. S., Admiraal, W. 2010. Metal induced shifts in macroinvertebrate community composition in Andean high altitude streams. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29(12), 2761–2768.

Mark, B. G., McKenzie, J. 2007. Tracing increasing tropical Andean glacier melt with stable isotopes in water. *Environmental Science & Technology* 40(20), 6955–6960.

Rosenberg, D. M. and Resh, V. H. 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. New York. Chapman and Hall. pp. 1–9.

UNEP (United Nations Environment Program). 2003. Water resources management in Latin America and the Caribbean. UNEP/LAC-IGWG.XIV/Inf.5. Nairobi, Kenya.

Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G., Mark, B. G., Bradley, R. S. 2008. Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth Science Reviews* 89, 79–96.

Zumarán, C. 2007. Proyecto de manejo de recursos hídricos en la cuenca del Río Santa. Gerencia Regional de Medio Ambiente, Región Ancash.