



LÍMITES ECOLÓGICOS DE LAS ALTERACIONES HIDROLÓGICAS

Caudales Ambientales para una Gestión Regional del Agua

En todo el mundo, los conflictos por el agua están aumentando a medida que las ciudades, las industrias, la agricultura y los generadores de energía compiten por fuentes limitadas de abastecimiento de agua dulce. Al mismo tiempo, existe una creciente conciencia de la necesidad de mantener caudales adecuados de agua dulce en ríos, lagos, llanuras de inundación, acuíferos y estuarios para sustentar la biodiversidad y los muchos beneficios que se derivan de ecosistemas sanos y funcionales, de los que dependen las comunidades y economías locales. Los sistemas de gestión integral y eficiente de recursos hídricos ayudan a los gobiernos a abastecer a las crecientes poblaciones humanas y al mismo tiempo que mantienen y restauran a los ecosistemas de agua dulce.

La integración de consideraciones ecológicas en la gestión del agua se ha visto entorpecida por la dificultad, el costo y el tiempo que se requieren para determinar **caudales ambientales** —la cantidad, temporalidad y calidad de caudales de agua que se requieren para mantener a las especies, las funciones físicas y biológicas, y la resiliencia de los ecosistemas dulceacuícolas y estuarios, así como el sustento y bienestar de la vida humana que depende de estos ecosistemas. Las determinaciones de caudal ambiental evalúan de manera científica las interrelaciones de las alteraciones antropogénicas de los patrones naturales de los caudales y los consecuentes cambios en la salud ecológica. Por lo tanto, la determinación y cumplimiento de los requerimientos del caudal ambiental son de suma importancia para una gestión sustentable del agua.

A pesar de que existen cientos de métodos para evaluar las necesidades del caudal ambiental, muchos de ellos no están basados en principios ecológicos sólidos, o bien su aplicación resulta poco práctica en las amplias escalas regionales en las que los gobiernos manejan los recursos hídricos. Las simples “normas generales” carecen de credibilidad científica, mientras que los métodos más sofisticados que manejan muchos datos son demasiado costosos y su aplicación en cada uno de los sistemas de agua dulce dentro de una amplia jurisdicción toma mucho tiempo.

El método de **Límites Ecológicos de las Alteraciones Hidrológicas (ELOHA)** constituye un nuevo marco que ofrece una solución flexible y científicamente defendible para determinar de manera general las necesidades de caudal ambiental en casos en los que no se pueden realizar estudios detallados para todos los ríos de una región. El método ELOHA se basa en el cúmulo de conocimientos sobre las relaciones entre caudal y ecología que se han adquirido a través de décadas de estudios de ríos específicos y aplica dicho conocimiento a zonas geográficas tan grandes como un estado, una provincia, una nación o una gran cuenca hidrológica.

Un grupo internacional de especialistas en ríos publicó la base científica de este enfoque regional (Arthington, Bunn, Poff and Naiman, 2006, *Ecological Applications* 16: 1311-1318). Con base en muchos años de experiencia trabajando con gerentes de agua sobre caudales ambientales, estos autores y otros prominentes científicos de talla internacional desarrollaron lineamientos prácticos para su aplicación (Poff et al., 2008, enviado a *Freshwater Biology*).

El método ELOHA sintetiza bases de datos hidrológicos y ecológicos de muchos ríos dentro de una región para generar **relaciones entre alteración de caudales y respuestas ecológicas** de ríos con diferentes tipos de regímenes hidrológicos. Estas relaciones correlacionan medidas de condición ecológica, que pueden resultar difíciles de manejar directamente, con condiciones de caudales fluviales, que se pueden manejar mediante estrategias y políticas de uso del agua. No es necesario obtener información hidrológica y biológica detallada para cada río de forma individual.

Varias jurisdicciones de los Estados Unidos ya están aplicando elementos del marco ELOHA para acelerar la integración de los caudales ambientales en la gestión y planeación regional del aprovechamiento de los recursos hídricos. Se ha probado también este método como marco en Australia y China.

EL PROCESO CIENTÍFICO:
*Elaboración de relaciones entre la alteración
de caudales y la respuesta ecológica*

Paso 1. Construir un fundamento hidrológico, una base de datos regional de hidrogramas fluviales diarios o mensuales que representen las condiciones base (antes del desarrollo) y posteriores al desarrollo para segmentos de un río a lo largo de una región, durante un periodo lo suficientemente largo como para que represente la variabilidad climática. Incluir sitios en los que es probable que los gestores hídricos hagan asignaciones o tomen otras decisiones de manejo hídrico, así como lugares donde se hayan recabado datos biológicos. Usar modelación hidrológica para extender los periodos de datos de caudales fluviales para sitios aforados y para sintetizar los datos de sitios

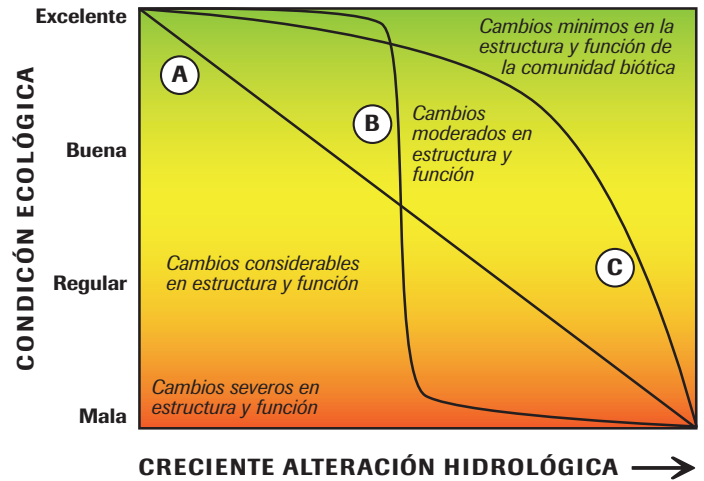
CÁLCULO DE ESTADÍSTICAS DE CAUDALES Y ALTERACIONES HIDROLÓGICAS

Cientos de estadísticas de caudales que se emplean ya en la investigación hidroecológica y en las determinaciones de caudal ambiental se pueden utilizar también con el método ELOHA. Las mediciones hidrológicas de uso intuitivo para hidrólogos, ecologistas y gestores del agua facilitan la comunicación y el entendimiento entre actores con respecto a la determinación e implementación de caudales ambientales.

El software del Proceso de Evaluación de la Integridad Hidroecológica (HIP por sus siglas en inglés) del U.S. Geological Survey (descarga gratuita en http://www.fort.usgs.gov/Resources/research_briefs/HIP.asp) analiza 171 mediciones hidrológicas derivadas de datos hidrológicos diarios, que son útiles para establecer vínculos entre los procesos de caudales y la respuesta ecológica.

De manera similar, el software de Indicadores de Alteración Hidrológica (IHA por sus siglas en inglés) de The Nature Conservancy (descarga gratuita en <http://www.nature.org/freshwater>) evalúa 67 estadísticas de caudales, incluyendo 34 “componentes de caudal ambiental” que describen la magnitud, duración, frecuencia, tiempo y grado de cambio ecológicamente importantes en los caudales, tales como pulsos, inundaciones y estiajes.

Tanto el HIP como el IHA pueden calcular el grado de alteración hidrológica entre las condiciones base y las posteriores al desarrollo. ELOHA emplea métodos estadísticos para seleccionar un subconjunto pequeño, manejable, de estadísticas de caudales no redundantes para el análisis de alteraciones hidrológicas.



Tres de varias formas posibles de relaciones entre alteración de caudales y respuestas ecológicas: *Lineal (A), umbral (B), y curvilínea (C). La forma de la relación depende de las estadísticas ecológicas y de caudal específicas analizadas.* (Adaptado de Arthington AH et al, 2006. The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. Ecological Applications 16: 1311-1318, and Davies SP, Jackson SK, 2006. The biological condition gradient: a descriptive model for interpreting change in aquatic ecosystems. Ecological Applications 16:1251-1266.)

no aforados según se requiera. De manera alternativa, ELOHA puede integrarse a modelos hidrológicos existentes o a sistemas de apoyo a la toma de decisiones para la gestión del agua.

Paso 2. Clasificar los segmentos de ríos con base en la similitud de regímenes de caudal, empleando estadísticas de caudales ecológicamente relevantes computadas a partir de los hidrogramas fluviales base elaborados en el Paso 1 (véase el recuadro). Subclasificar cada segmento con base en características geomorfológicas clave que definan rasgos del hábitat físico, tales como ríos sinuosos o ríos de cañón. El número de tipos de ríos en una región depende de la heterogeneidad y tamaño inherentes de la misma.

Paso 3. Calcular la alteración hidrológica de cada tramo de río, expresada como la desviación porcentual de los caudales con condiciones post-desarrollo con respecto a los caudales con condiciones base, utilizando un pequeño conjunto de estadísticas de caudales que estén íntimamente ligadas con las condiciones ecológicas y que sean factibles de ser empleadas como objetivos de gestión del agua.

Paso 4. Desarrollar relaciones entre la alteración de caudales y la respuesta ecológica mediante la asociación del grado de alteración hidrológica con los cambios subsecuentes en las condiciones ecológicas. Se elabora un grupo de tales relaciones para cada tipo de río utilizando una variedad de estadísticas de caudales y variables ecológicas. Idealmente, los datos ecológicos empleados para desarrollar las relaciones entre caudal y ecología —por ejemplo, riqueza de especies acuáticas invertebrados, regeneración de vegetación ribereña o abundancia de larvas de peces— deben ser sensibles a las alteraciones de

caudal existentes o propuestas, también deben poder validarse mediante datos de monitoreo, y ser valorados por la sociedad. Todas las partes interesadas deben comprender el proceso y las incertidumbres implicadas en el desarrollo de estas relaciones entre la alteración de caudales y la respuesta ecológica.

EL PROCESO SOCIAL:

Cómo usar las relaciones entre alteración de caudales y respuestas ecológicas para el manejo de caudales ambientales

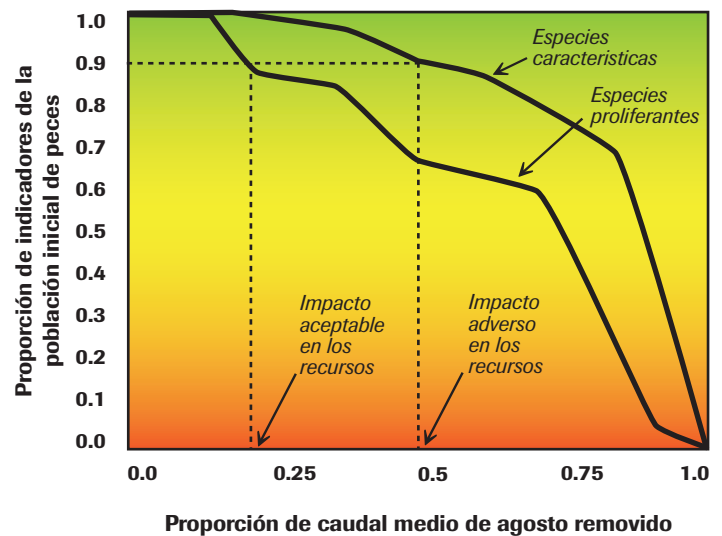
Paso 1. Determinar las condiciones ecológicas aceptables para cada tramo o tipo de río según los valores sociales. Esto se logra mediante un proceso bien tamizado por las partes interesadas para identificar y convenir en los valores ecológicos y culturales a ser protegidos o restaurados mediante una gestión fluvial. El objetivo del método ELOHA no es mantener o intentar restaurar condiciones prístinas en todos los ríos; más bien es comprender los pros y los contras del uso del agua por parte del hombre a costa del deterioro ecológico. Las partes interesadas (stakeholders) podrían decidir que algunos ríos deben estar protegidos del desarrollo, pero que otros podrían manejarse de manera tal que sus condiciones ecológicas sean de regulares a buenas, en lugar de excelentes. Este enfoque proporciona cierta flexibilidad a las autoridades que supervisan niveles variables de desarrollo hídrico dentro de sus jurisdicciones. ELOHA establece una base científicamente verosímil y legalmente defendible para entablar esta discusión pública. Una vez que se decidan los objetivos ecológicos, los especialistas pueden desarrollar relaciones entre alteración de caudales y respuestas ecológicas con base en estadísticas de caudales que sean relevantes para dichos objetivos.

Paso 2. Elaborar objetivos de caudal ambiental utilizando relaciones entre alteración de caudales y respuestas ecológicas para asociar la condición ecológica deseada con el grado correspondiente de alteración de caudales para el tipo de río correspondiente. El grado permisible de alteración de caudal se convierte en el “objetivo” del caudal ambiental.

Paso 3. Implementar la gestión de caudales ambientales mediante la incorporación de objetivos de caudal ambiental en el proceso más amplio de planeación hídrica. Debido a que el modelo hidrológico desarrollado en el Paso 1 del Proceso Científico da cuenta de los efectos acumulativos de todos los usos del agua, se puede emplear para evaluar las limitaciones prácticas y las oportunidades para implementar objetivos de caudal ambiental en cualquier sitio dentro del área del proyecto o para cada sitio simultáneamente. Se puede usar, por ejemplo, para jerarquizar proyectos de restauración, optimizar la eficiencia de suministro de agua, o para identificar los efectos acumulativos aguas arriba o aguas abajo de las decisiones de concesión. Para cuencas en las que el agua está ya sobre-assignada, el modelo hidrológico puede ayudar a identificar y dar prioridad a opciones de restauración del caudal, tales como re-operación de presas, manejo conjunto de agua subterránea

y superficial, manejo de la demanda (conservación) y transacciones de agua (por ejemplo, renta, intercambio, compra, bancos) mediadas por fideicomisos y mercados de agua.

El modelo empleado para construir el fundamento hidrológico es, en esencia, una herramienta regional integral de gestión en la cual se pueden incorporar los objetivos de caudales ambientales. Por tanto, el fundamento hidrológico del método ELOHA afianza las decisiones sobre futuras asignaciones de agua y la gestión fluvial en una completa comprensión de la disponibilidad, ubicación y temporalidad de los caudales necesarios para mantener o restaurar la salud general de los ecosistemas fluviales de una región.



Relaciones efectivas entre alteración de caudales y respuestas ecológicas. Valiéndose de datos actuales de población de peces a través un gradiente de alteración hidrológica, los especialistas determinaron dos relaciones caudal-ecología entre poblaciones de peces “proliferantes – tolerantes” y “característicos - nativos” versus la proporción de reducción del caudal medio de agosto en 11 tipos de ríos en Michigan, Estados Unidos. Un comité formado por diversos interesados (stakeholders) propuso después una reducción del diez por ciento en el índice poblacional de peces proliferantes - tolerantes como un impacto socialmente aceptable, y una reducción del diez por ciento en el índice poblacional de peces característicos- nativos como un impacto adverso. La alteración de caudal correspondiente (eje X) activaría acciones de manejo de caudal ambiental asociadas con cada una de estas condiciones ecológicas. La “regla del diez por ciento” se aplica a cada uno de los 11 tipos de ríos, pero las formas de las curvas — y por tanto el grado permisible de alteración hidrológica— varía según el tipo de río. (Modificación de Michigan Groundwater Conservation Advisory Council (2007) Report to the Michigan Legislature in response to Public Act 34, 37 p., http://www.michigan.gov/documents/deq/Groundwater_report_206809_7.pdf).

MONITOREO Y EVALUACIÓN

Mejora continúa en los resultados

El desarrollo y la implementación de objetivos regionales de caudal ambiental son un proceso continuo e iterativo en el que la recolección de datos, el monitoreo, la evaluación y los cambiantes valores sociales constantemente refinan los objetivos y las relaciones entre caudal y ecología sobre las que se basan. El monitoreo del caudal ambiental ayuda también a discernir los papeles relativos que desempeñan el cumplimiento, la infraestructura, la restauración de caudales y otras mejoras ecológicas, tales como la restauración de canales, la mitigación de la contaminación y la gestión de la pesca en el logro eficaz de los resultados ambientales convenidos.

RESUMEN

El método ELOHA se ha diseñado para proporcionar un robusto marco regional de caudal ambiental basado en vinculaciones entre caudal y ecología científicamente definidas, que están sujetas a pruebas empíricas y a validación. Está diseñado para ser usado en cualquier parte del mundo, en una amplia gama de contextos sociales, políticos y de gobernanza, y para ser útil sin importar la etapa de desarrollo de recursos hídricos, el estatus histórico de protección de caudales ambientales, ni las causas de alteración de los caudales, que pueden ir desde modificación del uso de suelo, pasando por derivaciones de agua superficial y subterránea, hasta regulación fluvial mediante presas. Sobre todo, gracias a su diseño flexible, el marco ELOHA se puede adaptar a una amplia gama de datos disponibles y capacidades científicas.

Si bien ELOHA es un nuevo avance necesario en la determinación de caudales ambientales, no suple a otros métodos específicos para ciertos ríos que requieren un análisis más detallado y en los que los aspectos políticos, socioeconómicos o de conservación son de tal magnitud que sólo un tratamiento específico para el río en cuestión será satisfactorio. No obstante, en estos tiempos en que el

¿QUIÉN APLICA EL MÉTODO ELOHA?

Debido a que los caudales ambientales sustentan procesos ecosistémicos cruciales para la salud de los ríos y la subsistencia humana, para que su implementación resulte eficaz, deberá realizarse por un amplio grupo de personas, tales como gestores del agua, especialistas y miembros de la sociedad civil.

La participación de un equipo interdisciplinario compuesto por hidrólogos, hidrogeólogos, entomólogos acuáticos, geomorfólogos, especialistas en hidráulica y calidad del agua, ictiólogos y ecólogos especializados en vegetación ribereña de dependencias gubernamentales y universidades ampliará y fortalecerá la base científica de las aplicaciones del método ELOHA.

Tanto el financiamiento como la experiencia profesional pueden provenir de diversas fuentes. En los Estados Unidos, por ejemplo, agencias estatales y organismos como The Nature Conservancy han colaborado con especialistas del U.S. Geological Survey para el proceso científico del método ELOHA. En Australia se emplean esquemas de colaboración similares.

crecimiento poblacional, los cambios en el uso de suelo, el desarrollo económico y el cambio climático hacen que aumenten las exigencias para que la ciencia proporcione información para la toma de decisiones en materia de gestión del agua, ELOHA ofrece el potencial de acelerar en gran medida la gestión integral a gran escala de caudales fluviales para apoyar bienes y servicios sustentables, la biodiversidad y el bienestar humano.

Para profundizar en el tema, sírvase visitar la página <http://conserveonline.org/workspaces/ELOHA>

