

Los indicadores biológicos como herramientas de gestión de la calidad del agua

**Eduardo Domínguez
Adonis Giorgi**

Los indicadores biológicos como herramientas de gestión de la calidad del agua

Eduardo Domínguez y Adonis Giorgi

Resumen

Tradicionalmente se usaron los análisis físico-químicos y químicos para el monitoreo de las alteraciones antrópicas de los ambientes acuáticos naturales. Luego surgieron otras alternativas, como el estudio de los cambios que producen los impactos antrópicos en las comunidades biológicas. La diferencia entre las comunidades afectadas por diferentes grados de contaminación y las que se encuentran en un lugar "prístino" o de "referencia", puede ser utilizada para establecer una escala de "calidad biológica del agua". Así surgió como herramienta el "Indicador Biológico de Calidad del Agua" o "Bioindicador". A esto se agregaron luego conceptos más integradores: el "estado ecológico o integridad ecológica" que además del estado del agua, incorpora el de su entorno, así como su capacidad de mantenerse en el tiempo. Aquí se presentan estos conceptos, y se discute su rol en la comunicación y educación, ya que esta información puede ser fácilmente accesible para toda la comunidad, desde escolares hasta pobladores locales, gestores, políticos y público en general.

Palabras clave: Bioindicación y educación, percepción de la contaminación, calidad biológica del agua, gestión del agua.

Abstract

Traditionally, physical-chemical and chemical analyses were used to monitor anthropic alterations of natural aquatic environments. Then other alternatives emerged, such as the study of the changes that the anthropic impacts produce in the biological communities. The difference between communities affected by different degrees of pollution and those in a "pristine" or "reference" place can be used to establish a "biological water quality" scale. Thus the "Biological Indicator of Water Quality" or "Bioindicator" emerged as a tool. Later, a more integrative concept was developed: the "ecological state" or "ecological integrity" that also incorporates the status of its environment, as well as its ability to maintain itself over time. We present these concepts here and discuss their role in communication and education as this information can easily be accessible to the entire community, from schoolchildren to local people, managers, politicians, and the general public.

Keywords: Bioindication and education, pollution perception, biological water quality, Water management.

Introducción

Contaminación es un término muy popular en la actualidad. Esto no es casual, ya que pese a ser algo considerado marginalmente en un pasado relativamente reciente, se ha transformado en una preocupación prioritaria para la sociedad. Las razones son varias: el impacto de las actividades humanas sobre su entorno (deforestación, destrucción de hábitats, sobre explotación de bienes y recursos) se viene sucediendo desde la antigüedad, pero su repercusión sobre nuestras vidas no ha sido nunca tan evidente como en la actualidad. Por otro lado, a todos esos efectos se ha incorporado la mencionada contaminación que anteriormente no era notable debido a que los cuerpos de agua depuraban gran parte de los contaminantes que los alcanzaban. Esta capacidad de autodepuración ya no alcanza por varias razones: crecimiento poblacional desmedido, rápidos desarrollos tecnológicos (genéticos, químicos, mecánicos) mega emprendimientos (embalses gigantes, mega minería, grandes industrias, etc.) lo que implica ingresos de mayor cantidad de materiales a los cuerpos de agua, muchos de ellos con bajísima posibilidad de ser degradados naturalmente y también con la capacidad de acumularse en los organismos vivos. Si bien se puede decir que casi por definición toda actividad humana produce alteraciones en su entorno, es la escala a la que se está produciendo lo que resulta inédito.

Antes de la aparición de grandes aglomeraciones urbanas, los cuerpos de agua recibían impactos de baja magnitud: una pequeña aldea o poblado de pescadores en la orilla de un río, no producía prácticamente ningún impacto con sus actividades ya que sus vecinos vivían relativamente lejos y la extracción de recursos (por ejemplo peces) o producción de desechos (restos de alimentos o materia fecal) solo producían un efecto local, porque eran rápidamente procesados o "digeridos" por el ambiente. Por esta razón, los vecinos aguas abajo eran poco afectados por estas actividades ya que el río tenía suficiente capacidad para depurar las sustancias que ingresaban. En la actualidad, existen urbanizaciones inmensamente mayores que se encuentran mucho más próximas entre sí y en muchos casos desechan sus efluentes en distintos sectores de un mismo río por lo que los sistemas ya no son capaces de procesar adecuadamente los resultantes de tales actividades debido a la gran carga contaminante recibida. Por otro lado, como se dijo previamente, existen residuos que el río no puede depurar (metales pesados, plaguicidas, etc.). Algunos de ellos se incorporan a sus comunidades afectándolas o se mantienen en agua o sedimentos promoviendo una reducción de las condiciones adecuadas para los seres vivos presentes en el cuerpo de agua afectado. Así, en la actualidad, lo que produce una gran ciudad situada a la vera de un río, tiene un fuerte impacto sobre la que se encuentra aguas abajo. Además de los cambios paulatinos, debido a la superposición de efectos negativos, aumenta el número de cambios catastróficos. Como si nuestro

planeta se hubiera encogido, las actividades de una comunidad afectan directamente a sus vecinos, debido a la menor distancia entre poblaciones, su mayor densidad y la mayor persistencia de los efectos en el tiempo. De esta manera, cada persona comienza a notar cambios en su ambiente que afectan no solo su entorno físico, sino también su calidad de vida. En este sentido, la magnitud del impacto antrópico sobre el planeta (del cual la contaminación es un componente muy importante), más el rápido flujo de información a nivel mundial, promueve que los ciudadanos comiencen a "percibir" este impacto como un problema. Hace tan solo unos años atrás, un río contaminado con mal olor, era considerado como algo "normal" o "anecdótico" en el paisaje (siempre y cuando no estuviera demasiado cerca de su casa como para que el olor pudiera molestar a los habitantes). También se consideraba como algo casi inevitable. Incluso la contaminación era considerada indicadora de trabajo y desarrollo. Basta recordar las imágenes de industrias con sus chimeneas emitiendo humo negro, con la que nos enseñaban en las escuelas las bondades de la actividad industrial. En la actualidad, prácticamente cualquier ciudadano podrá mencionar algún caso de contaminación que conoce y evaluarlo mucho más negativamente que 20 o 30 años atrás. Es cierto que los seres humanos hemos desarrollado tecnologías que nos permitirían evitar o reducir en gran medida la contaminación. Por ejemplo, la construcción de plantas depuradoras que, como señala Margalef (1982), realizan en espacios reducidos la tarea de depuración que un río desarrolla en muchos kilómetros. Con esto se produciría un efecto semejante a un "estiramiento" de los cuerpos de agua y las poblaciones volverían a estar alejadas unas del efecto negativo producido por las otras en nuestro mundo "encogido". Sin embargo, las plantas depuradoras no siempre existen, cuando existen no siempre funcionan y cuando funcionan conllevan un alto costo de energía y mantenimiento. Aun más, no siempre están preparadas para extraer o filtrar todos los tipos de contaminantes que ingresan a la misma. Más bien eliminarían sólo unos pocos de los más abundantes como son el exceso de materia orgánica, sólidos en suspensión y organismos parásitos.

También debe tenerse en cuenta si algo es realmente un contaminante y cómo se cuantifica el grado de contaminación, ya que si nos basamos en las definiciones populares, ¿cuántas personas podrían definir lo que es contaminación? ¿Cuántas podrían cuantificarla? Y aquí entra en juego el motivo de nuestro libro: los bioindicadores y su utilidad.

Contaminación y bioindicación

Vamos a comenzar a explicar estos conceptos de una manera simple, para luego poder discutirlos. Podemos definir contaminación como "estrés ambiental ocasionado por el agregado de elementos o energía externos,

producto de las actividades humanas". En los cuerpos de agua, este estrés puede deberse a cambios físicos (agregados de sólidos, sales, cambios de pH, temperatura, etc.), o agregados de materia orgánica, nutrientes y materiales tóxicos (metales pesados, pesticidas, herbicidas, fenoles, etc.) o ingreso de energía (térmica). Es importante mencionar aquí, que a veces este estrés puede ser ocasionado por eventos naturales (por ejemplo erupciones volcánicas). Por esta razón, aun en ambientes no alterados por el hombre, es posible tener cuerpos de agua con características diferentes, las que pueden condicionar sus posibilidades de uso. Según Meybeck, *et al.* (1996), el término "calidad del agua" se refiere a la capacidad que tendrá la misma para sostener diferentes usos o procesos. Por un lado esta calidad dependerá de la composición físico-química y cambios temporales y espaciales a los que pudiera estar sujeto el cuerpo de agua, y por otro a los usos para los que se quisiera aplicar el agua que de allí se utilice. De esta manera, si el destino es para agua potable, por ejemplo, las condiciones para una calidad de agua aceptable serían mucho más estrictas que si fueran para riego, transporte o recreación. Por otra parte, si nos referimos a "calidad biológica" del agua, esta se referirá a los cambios estructurales medidos mediante la comunidad de organismos (Prat *et al.*, 2009). O sea, que una buena calidad biológica del agua será aquella que es capaz de sostener una comunidad acuática semejante a la que se encontraría en condiciones naturales. No necesariamente sería apta para consumo, pero sí podría prestar numerosos servicios ecosistémicos.

Tradicionalmente, para evaluar las características de los cuerpos de agua, se utilizaron medidas de los parámetros físico-químicos: temperatura, acidez o alcalinidad (pH), turbidez, sólidos disueltos, cantidad de oxígeno (Demanda Química de Oxígeno -DQO- y/o Demanda Biológica de Oxígeno -DBO), fósforo, nitratos, etc. Estos métodos son en general muy precisos, y con los avances tecnológicos más recientes se han hecho más accesibles económicamente, e incluso pueden ser automatizados. Sin embargo, uno de los problemas que presentan estos métodos, además de su costo (especialmente en los países en vías de desarrollo o subdesarrollados), es que estos análisis son referidos a una muestra "instantánea". O sea, lo que se analiza normalmente es una muestra que se toma del río en un momento dado (generalmente muy corto), dentro de un sistema muy dinámico y cambiante. Por lo tanto, si la contaminación es en pulsos podría pasar desapercibida si no coincide con la fecha en que se toma la muestra. Por ejemplo, si una industria almacena sus efluentes y los libera a la noche o un fin de semana, cuando no hay inspectores tomando muestras, probablemente esta onda de contaminación pasará inadvertida.

Hace tiempo ya, los biólogos se dieron cuenta de que los cambios en el ambiente producían un cambio en la estructura de las comunidades biológicas, especialmente

en aquellas especies sensibles a algunas de estas condiciones. Se pensó entonces que si se podía medir el impacto o cambio que producían diferentes grados de contaminación o situaciones de estrés sobre las comunidades que naturalmente se encuentran en un lugar prístino o de "referencia", se podrían utilizar estas diferencias para establecer una escala de "calidad biológica del agua". Esto dio lugar a una herramienta que pasó a denominarse Indicador Biológico de Calidad del agua o Bioindicador, ya que utilizan las diferentes tolerancias que tienen distintos organismos (Rosenberg & Resh, 1993).

En un comienzo se utilizaron sistemas estandarizados y con exigencias de determinación taxonómica muy profundos, como el "Sistema de los Saprobios" Kolkwitz & Marsson (1908, 1909), para luego pasar a sistemas de más fácil aplicación y que requirieran menor especialización del operador. Dentro de estos últimos, se usaron tanto sistemas unimétricos (que miden una única característica clave, como la riqueza específica) como multimétricos (que combinan el valor de diferentes métricas en una puntuación final), los que presentan distintas ventajas y desventajas. Una evaluación de estos métodos puede encontrarse en Bonada *et al.* (2006) y en Prat *et al.* (2009). Es importante tener en cuenta las características que presentan cada uno de estos métodos, de acuerdo a los objetivos que se buscan con su aplicación. Además, es importante resaltar que no hay bioindicadores específicos para cada proceso industrial o tipo de contaminación, ni tampoco universales que puedan aplicarse de una manera estandarizada en todas partes, ya que los organismos tienen generalmente una distribución limitada, y sus tolerancias particulares pueden variar entre las diferentes especies. Por lo tanto, es imprescindible un conocimiento previo de las características y composición de las diferentes comunidades, para su posterior utilización en la determinación de los valores que se les asignará a los distintos indicadores (Prat *et al.*, 2009). En general, es conveniente que los indicadores biológicos sean calibrados con los parámetros físico-químicos, para determinar las escalas aplicables en las diferentes regiones. Esta particularidad ha ocasionado que haya una multiplicidad de índices, para cada tipo de río y región. Uno de los problemas que esto ocasiona es que a veces es muy difícil una intercalibración entre ellos, para poder establecer comparaciones y equivalencia de parámetros. Incluso puede suceder que, en un mismo río, cuando en su recorrido cambia abruptamente de paisaje o de características hidrológicas, se presenten comunidades diferentes a las que presentaba unos kilómetros antes.

Finalmente, debido a estos problemas con los bioindicadores, surge a partir de la Directiva Marco del Agua de la Comunidad Europea (Directiva 2000/60/CE, DMA) un nuevo concepto, más integrador, y más ecosistémico, el de "Estado Ecológico". Para comprender lo que está pasando en los cuerpos de agua, hay que tener también en

cuenta lo que sucede en su entorno. A veces los problemas que encontramos en un punto particular de un río determinado pueden no ser de origen local, o incluso pueden estar afectando diferentes ríos de la región. Y ese tipo de problemas no podrá ser detectado desde una aproximación local. Por ejemplo, un problema de deforestación en las nacientes, puede estar impactando en varios arroyos y ríos en la parte de la cuenca media. No tendría sentido tratar de atacar el problema solo reforestando los márgenes de alguno de los ríos en esta última región. O sea, tenemos que tener una visión más amplia de un problema que generalmente tiene muchos orígenes. Liu *et al.* (2017) sostienen que para evaluar la disponibilidad de agua, se deberían integrar la calidad y variables ecológicas junto con los otros procesos que tienen lugar en el sistema. Esta aproximación seguramente permitirá una mejor comunicación entre los diferentes actores para la gestión de cuencas (Fernández, 2017).

De todas maneras, una de las grandes ventajas que tienen los indicadores biológicos es que en lugar de presentar una imagen instantánea (una especie de foto como se mencionó más arriba), puede ser considerada más bien como una película o un monitoreador continuo ya que los organismos permanecen en el cuerpo de agua todo el tiempo, y aunque no se registren los elementos contaminantes en el momento del muestreo, seguramente sus efectos sobre la comunidad serán evidentes. De esta manera, si se nota una alteración súbita de la comunidad, se podrá proceder a realizar análisis más profundos o especializados (como por ejemplo análisis de sedimentos, o de tejidos), que seguramente darán cuenta de lo que sucedió en el río. En ese sentido, es muy importante considerar los indicadores biológicos y los parámetros físico-químicos como complementarios más que como totalmente alternativos. La dinámica y economía del uso de las comunidades biológicas como bioindicadores nos permitiría mantener una vigilancia continua muy estricta del estado de los cuerpos de agua a un bajo costo (representado principalmente por el traslado al lugar para toma de muestras y el salario del operador para procesarla), mientras que se reservan los recursos necesarios para los análisis químicos específicos que permiten la identificación y cuantificación de las sustancias contaminantes en el caso de que los bioindicadores nos avisen que se ha detectado un proceso de contaminación.

Por otro lado, muchas veces los parámetros permitidos en los vuelcos de efluentes son establecidos por razones subjetivas, incluso por presiones de los mismos responsables de la contaminación. Por ejemplo, ¿por qué en general se consideran como aceptables valores de oxígeno entre 2 y 4 mg/L, cuando se sabe que esto no es suficiente para la supervivencia de las especies más sensibles de la comunidad? En ese sentido, la utilización de organismos como bioindicadores, proveerá parámetros biológicos

que contribuirían a la reglamentación de valores aceptables. Si la finalidad de establecer valores aceptables para los parámetros físico-químicos en un cuerpo de agua es la de mantener las condiciones mínimas para la supervivencia de sus comunidades que a su vez son proveedoras de servicios ecosistémicos, ¿por qué debieran aceptarse valores más bajos? Es importante aquí hacer referencia a factores directamente económicos, relacionados con la contaminación, cuyo monitoreo es el motivo final de utilización de la bioindicación. Por ejemplo, es mucho más económico potabilizar agua con mejor calidad biológica. ¿Por qué entonces el mayor costo de potabilización en casos de baja calidad debiera pagarlo la sociedad en su conjunto y no el causante del problema? Son preguntas que como sociedad debemos comenzar a plantearnos e intentar responder. Además, sería mucho más económico el tratamiento del efluente en el mismo lugar donde se lo produce, que una vez que ha sido liberado al ambiente. Ejemplos de esto pueden encontrarse para cualquier tipo de industria, pero es notable cuando se analizan aquellas que aportan contaminantes no biodegradables. Por ejemplo, las curtiembres producen efluentes conformados por materia orgánica de difícil descomposición (grasas y aceites) y sales de cromo. Tres cuartos del efluente suelen corresponder a la materia orgánica, mientras que sólo un cuarto a las sales de cromo. Al mezclar ambos efluentes el tratamiento se vuelve mucho más difícil porque el efluente orgánico se torna salino, de modo que menos organismos podrán intervenir en su degradación y su tratamiento biológico será subóptimo. Por otro lado, las sales de cromo se distribuyen en un volumen mayor de líquido lo que hará más complicada y costosa su extracción. Finalmente, si se vierte al río un efluente donde persiste un alto contenido orgánico, comprometerá el funcionamiento de ese río pero, las sales de cromo agregan además el problema de ser bioacumulables de modo que pueden incorporarse a la biota, provocándoles daños y aun biomagnificarse a través de la red trófica de ese sistema. Por eso es que el efluente debería ser tratado en su origen o en un lugar cercano a este. Esto no sólo reduciría la carga contaminante en los ríos, sino también permitiría recuperar y reutilizar algunos elementos en lugar de dispersarlos en el ambiente.

Bioindicación, comunicación y educación

Un aspecto importantísimo del uso de los bioindicadores que muchas veces no ha sido tenido debidamente en cuenta, es su rol en la comunicación y la educación. Muchos de los parámetros utilizados para la determinación de los niveles de calidad química del agua son conceptos complejos, no fácilmente accesibles a no especialistas. Por ejemplo, es necesario explicar por qué no es bueno que el agua de un río tenga menos de 4 mg/l de O_2 , o qué problema puede traer un cambio de pH en el agua, o un aumento en el porcentaje de sodio.

Comencemos por la comunicación: es mucho fácil de entender un mapa de calidad biológica del agua en el que los ríos están marcados con diferentes colores que resumen todas las características de cada tramo analizado. Cuanto peor sea esta calidad, más alejado estará este cuerpo de agua de lo que sería su estado natural. Claro que este mapa también puede hacerse con la calidad química, pero como se explicó, la calidad biológica es una aproximación que se puede realizar con relativamente menos recursos y nos informará de tendencias más sostenidas que aquellas que obtendríamos a partir de los análisis químicos del agua, aunque estos sean indispensables para identificar el problema. Podría hacerse una analogía entre un paciente y su médico. El examen clínico determinará la presencia de algún tipo de patología de modo rápido y nos orientará sobre cuáles serían aquellas más posibles, mientras que el examen bioquímico así como otros estudios específicos desarrollados posteriormente podrán establecer con certidumbre el origen y grado de la patología.

De esa manera, un abogado, gestor o político que tiene que disponer de información rápida en determinado momento, no tiene que leer planillas complejas, en las que los distintos parámetros físico-químicos pueden variar de diferente manera según el tipo de contaminación, y significar problemas diferentes. O aun pueden no cambiar, si se los manipula adecuadamente, lo que de ninguna manera quiere decir que se reduzca su impacto. Por ejemplo, el agregado de Cal ($Ca(OH)_2$) para corregir el pH, uno de los parámetros que exigen las normas vigentes o la dilución para reducir la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). En ese sentido, actores provenientes de especialidades muy diferentes, pueden discutir el efecto de un impacto sobre la biota acuática para comenzar a discernir lo que está pasando en un cuerpo de agua en particular, sin tener que analizar cada uno de los parámetros y su interacción.

En cuanto a la educación, es un aspecto fundamental para lograr un cambio en la percepción de los problemas ambientales. En estos momentos en los que ya prácticamente nadie puede negar el problema que significa para la humanidad la contaminación en general y de los ambientes acuáticos en particular, los bioindicadores proveen de una herramienta simple para su detección. Una de las formas más eficientes de luchar contra la contaminación es cambiar la percepción de la sociedad y el rol de cada uno de los ciudadanos. En ese sentido, aunque se están encarando acciones desde diferentes niveles (gubernamental, ciudadano, etc.) y se desarrollan diferentes estrategias para resolver los problemas de contaminación, sin duda, la popularización de la situación y sus causas particulares se torna imprescindible. Nuevamente, es más fácil mostrar a un niño (y en realidad a cualquier ciudadano), el impacto que tiene la contaminación de un río sobre los organismos

que en él viven, que explicar una serie de parámetros físico-químicos de base teórica compleja. Y para eso los bioindicadores son una herramienta poderosísima. Hemos visto a través de las experiencias con bioindicación realizadas en diferentes lugares en establecimientos educativos de niveles primarios y secundarios, lo importante que es percibir el problema de contaminación juntamente con el efecto que produce sobre las comunidades biológicas que habitan en los cauces de agua, no sólo entre los alumnos sino también entre los docentes. El cambio de la mirada de niños de escuelas rurales, al percibir que hay organismos vivos en el agua, a veces sobre el mismo arroyo que cruzan todos los días para ir a clases y que aparentemente solo les sirve para “sacar agua”, es impactante. El descubrimiento de la diversidad de organismos, sus diferentes modos de vida, y sus necesidades de condiciones adecuadas para sobrevivir, resulta para ellos muchas veces revelador. Y esto no es solo una valoración subjetiva; la comparación de encuestas realizadas entre grupos de niños y niñas que asistieron a talleres de este tipo y otros que no, en las que se les preguntan por ejemplo si la presencia de “bichitos” en el agua es buena o mala, es significativa. Por ejemplo, mientras los primeros construyen un incipiente concepto de “integridad biológica”, los segundos consideran a los “bichitos” como indicadores de suciedad.

Este aspecto, que fuera de contexto parece obvio o por lo menos ingenuo, es algo muy importante si comenzamos a hablar de ciencia ciudadana. Como ejemplo, a todos les resulta obvio que “tirar basura a la orilla del río es malo”. Pero esto suele ser una actividad cotidiana de algunos municipios. Cabe preguntarnos en estos casos: ¿Por qué los ciudadanos no sólo toleran esto, sino que también a una escala menor hacen lo mismo con sus propios residuos? Sin dudas, es muy difícil cambiar esta mentalidad en personas ya formadas, pero debemos intentarlo; sin embargo, consideramos que es en las etapas formativas que hay que tratar de mejorar la relación de estos jóvenes ciudadanos con su medio ambiente. En algún momento ellos llegarán a ser intendentes, políticos o tendrán lugares para pequeñas o grandes decisiones y debemos lograr que tengan una formación que los haga tomar medidas más adecuadas con los bienes comunes que deben manejar. No hay que confundirse, y aunque nuestra propia supervivencia está en juego, el cambio de relación entre la humanidad y su propio (y único) ambiente, no será tarea fácil. Y menos en países como el nuestro en el cual las situaciones económicas difíciles tienden a flexibilizar las reglamentaciones en beneficio del rédito económico inmediato. Esto no es sólo un problema argentino, ni siquiera latinoamericano y se relaciona en gran parte con los tipos de modelo de desarrollo que aparecen como dominantes en nuestro planeta y con la necesidad de recursos naturales en sociedades regidas por metas de consumo y no de sustentabilidad.

La reciente evaluación de la calidad de agua de los ríos de Europa, efectuada por la Agencia Ambiental Europea (EEA Report, 2018), reafirma esta problemática globalizada. Allí se informa que la vasta mayoría (alrededor del 60%) de los cuerpos de agua europeos no reúnen los estándares mínimos sobre degradación y contaminación. Solo el 40 % se encuentran en un buen estado ecológico a pesar de las leyes y protocolos de biodiversidad de la Unión Europea que se están tratando de aplicar desde hace mucho tiempo.

Es por estas razones que consideramos que la aplicación de las herramientas de indicación biológica para el control y gestión de la calidad de agua en nuestro país son imprescindibles y posibles de implementar dado el estado de los conocimientos necesarios para su aplicación. Para ello será necesaria una estrecha colaboración y valoración entre los diferentes actores: investigadores, gestores, organismos de control y ciudadanos, que son en definitiva los afectados por lo que está sucediendo con los bienes comunes de nuestro país: aire, agua y suelo. La evaluación de calidad biológica mediante la utilización de bioindicadores han sido incluidas en la legislación en Europa y ha significado una revolución en la forma en que los gobiernos deben aplicarlas (Prat *et al.*, 2009). Aunque esto no solucione todos los problemas de nuestros ríos, ni mucho menos, sería bueno que acciones semejantes pudieran repetirse en nuestro país para que comencemos a considerar a los ecosistemas y su conservación como parte integral de nuestros bienes comunes.

Bibliografía

Bonada, N., N. Prat, V.H. Resh & B. Statzner. 2006. Developments in Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annual Review of Entomology*. 51: 495-523.

EEA. 2018. European waters. Assessment of status and pressures 2018. EEA Report No 7, European Environment Agency (<https://www.eea.europa.eu/publications/state-of-water/>) consultado 5 Agosto 2018.

Fernandez, H. R. 2017. El "estado ecológico" como concepto para la gestión de la cuenca Salí-Dulce (Tucumán, Argentina). *Acta Zoológica Lilloana* 61 (2): 181-187.

Kolkwitz, R. & M. Marsson. 1908. Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 26A: 505-519.

Kolkwitz, R. & M. Marsson. 1908. Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von des biologischen Gewässerbeurteilung. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 21: 126-152.

Liu, J., H. Yang, S.N. Gosling, M. Kummu, M. Flörke, S. Pfister, N. Hanasaki, Y.Wada, X. Zhang, Ch. Zheng, J. Alcamo, & T. Oki. 2017. Water scarcity assessments in the past, present and future. *Earth's Future*, 5. Doi: 10.1002/201EF000518.

Margalef, R. 1982. *Limnología*. Omega, Barcelona.

Pantle, R. & H. Buck. 1955. Die Biologische überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas und Wasserfach*. 96: 604.

Meybeck, M., E. Kuusisto, A. Mäkelä & E. Mälkki. 2002. Water Quality. In: Ballance, R., & Bartram, J. (Eds). *Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*, pp. 15-36. CRC Press.

Prat, N., B. Ríos, R. Acosta & M. Rieradevall. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En: E. Domínguez y H.R. Fernández. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y Biología*. Pp. 631-654. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina.

Rosenberg, D. M. & V. H. Resh (eds). 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, Chapman and Hall, New York.

