

IBY-4: Una herramienta muy simple para biomonitoreo de ríos en el noroeste argentino

Daniel Andrés Dos Santos*¹, María Celina Reynaga*

* Instituto de Biodiversidad Neotropical, CONICET - UNT

¹ pseudalopex_79@yahoo.com; dadossantos@csnat.unt.edu.ar

Los cursos de agua del Neotrópico que drenan paisajes selváticos de montaña despliegan una paleta abigarrada de formas de vida. Distintos factores de perturbación pueden incidir negativamente sobre este capital natural. A los fines prácticos del biomonitoreo, importa identificar taxones cuya presencia/ausencia sirvan para alertar sobre la incidencia crítica de agentes antrópicos de impacto. El Índice Biótico de las Yungas basado en 4 taxones (IBY-4) es útil para diagnosticar el “estado sanitario” de los ríos y arroyos de la región epónima. Se basa en la mera presencia de insectos bentónicos de la familia Elmidae, Coleoptera y de los órdenes Megaloptera, Plecoptera y Trichoptera. El IBY-4 logra aglutinar las siguientes cualidades: 1) es confiable, puesto que su especificidad y sensibilidad han sido estadísticamente testeadas en una base de datos que cubre toda la región de Yungas del NOA; 2) es práctico, porque no se requieren datos de abundancia ni alta resolución taxonómica durante la identificación; 3) es versátil, porque se basa en taxones sensibles a distintas manifestaciones de la perturbación antrópica. Un corolario de la sencillez extrema del IBY-4 es que puede ser implementado por niños, circunstancia que lo torna útil para programas de educación ambiental en escuelas.

Palabras claves: insectos acuáticos, bentónico, conservación, eficiencia diagnóstica

Los ríos y arroyos que discurren por las selvas de montaña del Neotrópico se caracterizan por albergar una diversidad asombrosa de macroinvertebrados bentónicos, en comparación con el espectro de taxones afines que se despliegan en otras partes del mundo. La ecoregión de Las Yungas, a la cual los habitantes del llano tucumano pueden vislumbrar como vellones glaucos que recubren la vertiente oriental de los cerros próximos, pertenece a ese tipo de paisaje privilegiado donde abundan cientos de formas de macroinvertebrados bentónicos. El vocablo bentónico denota la condición que posee un organismo de habitar, durante algún momento de su ciclo de vida, en el fondo de un ambiente acuático. En el contexto de ríos y arroyos, bentónico se aplica a las formas de vida que residen en el lecho de los mismos. La denominación de macroinvertebrados obedece a la circunstancia de ser observables a simple vista, y se corresponde en términos operacionales con organismos retenidos por un tamaño de malla ~200-500 mm (Rosenberg & Resh 1993). Los insectos son el grupo más diverso de macroinvertebrados bentónicos dulceacuícolas; y se asumen a las variaciones en sus valores de riqueza (número de especies), abundancia (número de individuos) o biomasa (cantidad de materia viva), como respuestas representativas de la comunidad acuática en su conjunto frente a la acción de factores exógenos.

MACROINVERTEBRADOS Y BIOINDICACIÓN

Los posibles efectos de una alteración de las condiciones del medio pueden trasladarse a los atributos de la comunidad de organismos que allí habitan (por ejemplo, afectar la estructura de toda la comunidad, afectar sólo a los individuos sensibles o inducir respuestas metabólicas en los organismos). Este principio sentó la base de la BIOINDICACIÓN, la cual es una técnica de evaluación ambiental que consiste en la utilización de organismos vivos para detectar la contaminación de un ecosistema dado. El uso de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua empezó hace más de 100 años en Europa. Hoy en día, constituye una herramienta muy útil y de costo relativamente bajo para el monitoreo de los cuerpos continentales de agua.

Entre los factores exógenos capaces de modificar la estructura o composición de insectos bentónicos dulceacuícolas, adquieren especial interés los agentes de perturbación antrópica, por entrañar éstas responsabilidades civiles directas al ser potenciales vulneradores del derecho sustanciado en la letra del artículo 79 de nuestra Carta Magna (derecho al ambiente sano). Quienes escribimos este manuscrito junto a colegas (Dos Santos et al. 2011) iniciamos la búsqueda de un índice estadísticamente confiable que nos permitiese discriminar, dentro del ámbito de las Yungas del NOA, ríos y arroyos sanos de su antítesis enferma sobre la base de los insectos bentónicos allí registrados. Usando una fraseología alternativa, procuramos decantar una estrategia de biomonitorio que fuese al mismo tiempo extremadamente simple (implementable incluso por alumnos del nivel inicial de escolaridad) y suficientemente precisa (eficiente a la hora de distinguir lo sano de lo enfermo).

Una primera arista del problema, áspera por cierto, fue definir la oposición binaria sano/enfermo en estos sistemas acuáticos, sin que interviniese en ello el sesgo de valoración subjetiva del paisaje. La asignación de un punto concreto del río a una u otra categoría (o sea, sano versus enfermo) se hizo en función de la convergencia o coincidencia de diversos factores de presión antrópica (urbanización, industrialización, agriculturización, ganadería extensiva, obras de ingeniería y deterioro del bosque ribereño) dentro del área de incumbencia que contuviese al punto de interés. Los sitios sanos o de referencia correspondieron a puntos de muestreo localizados en el interior de áreas protegidas como ser parques nacionales o reservas provinciales.

Una segunda arista del problema fue aislar un subconjunto menor de insectos acuáticos, definidos con baja resolución taxonómica, cuya mera presencia ayudase a predecir correctamente el “estado sanitario” subyacente de un punto determinado de muestreo. En términos prácticos, la baja resolución taxonómica implica facilidad en la identificación; no conlleva el mismo esfuerzo determinar un insecto hasta orden o familia que hacerlo en forma precisa hasta el nivel de género o especie. Descubrimos que la conjunción de los siguientes taxones resueltos hasta el nivel de familia (Elmidae) y de orden (Trichoptera, Megaloptera y Plecoptera) nos facilitaba acceder a una diagnosis bastante precisa del estado del río estudiado, con

sólo observar la presencia de los mismos. Así, definimos al índice IBY-4 o Índice Biótico de las Yungas basado en 4 taxones, útil para diagnosticar perturbación en ríos y arroyos de la región mentada. El índice puede adoptar 5 valores discretos, i.e. {0, 1, 2, 3, 4} en función del número de los taxones claves detectados. Por ejemplo, si en un tramo se registrara la siguiente lista de taxones: {Ephemeroptera, Chironomidae, Trichoptera, Plecoptera} entonces sería $IBY-4 = 2$, porque están presentes sólo 2 de los 4 taxones con potencia diagnóstica.

Ahora bien, asentados sobre una plataforma pragmática de biomonitorio, ¿cuál es la utilidad de saber el valor arrojado por el IBY-4? A través de la metodología de curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) es posible estudiar diferentes facetas cuantitativas de un índice tales como: (i) medición de capacidad diagnóstica general, (ii) determinación de intervalos de confianza para la medida global de rendimiento, (iii) comparación entre diferentes índices para saber cuál es mejor que el otro y, fundamentalmente, (iv) demarcación de un valor de corte para clasificar a los sitios como sanos (casos negativos) o enfermos (casos positivos). El valor de corte procura minimizar los falsos positivos y falsos negativos (o su versión dual de optimización: maximizar los verdaderos positivos y verdaderos negativos). Un falso positivo es un río sano diagnosticado como enfermo mientras que un falso negativo es un río enfermo clasificado como sano. El análisis ROC para el IBY-4 permitió establecer la siguiente regla de decisión: si $IBY-4 \geq 3$ el río se presume sano, caso contrario se presume enfermo y se sugiere que una perturbación antrópica significativa está incidiendo sobre el sistema. El IBY-4 logra integrar en su conformación elemental a las tres características deseables para un índice biótico: 1) es confiable, puesto que la significancia de su especificidad y sensibilidad ha sido estadísticamente testada en una base de datos que cubre toda la región de Yungas del NOA, 2) es práctico, porque no se requieren datos de abundancia ni alta resolución taxonómica durante la identificación y 3) es versátil, porque se basa en taxones sensibles a distintas manifestaciones de la perturbación antrópica. Por último, cabe apuntar que la sencillez ínsita en este índice ha motivado su implementación dentro un programa educativo y de biomonitorio protagonizado por alumnos de escuelas rurales de Tucumán, el cual se desprende de un proyecto mayor liderado por el Dr. Carlos Molineri referido a la calidad ambiental en cuencas hidrográficas de la provincia.

ÍNDICE IBY-4 Y UNA APP ASOCIADA

Constituye un hecho conocido que la polución de los ecosistemas acuáticos reduce el número de especies del sistema y facilita el surgimiento de un nuevo ambiente favorable para unas pocas especies. La presencia simultánea de especies tanto sensibles como tolerantes a la polución es indicador de “agua ecológicamente limpia”. En cambio, se sugiere que hay daño cuando se verifica al mismo tiempo ausencia de las formas sensibles y sólo presencia de formas tolerantes. Los índices bióticos se construyen para denotar, a través de un número único, la cantidad de organismos presentes ponderados por su tolerancia. El índice IBY-4 sólo computa la presencia de 4 taxones fácilmente identificables (Elmidae, Trichoptera, Plecoptera y Megaloptera). La sencillez operativa del índice ha propiciado el desarrollo de una aplicación para celulares orientada al biomonitoreo. Nuestro grupo IBN (Instituto de Biodiversidad Neotropical, CONICET-UNT) en colaboración con la oficina de vinculación tecnológica de CONICET Tucumán y la empresa Market One® ha presentado en el VII Congreso Argentino de Limnología (Setiembre de 2014, La Plata) un aplicativo para teléfonos inteligentes que permite 1) estimar *in situ* el índice IBY-4, 2) tomar fotografías testimoniales, 3) georeferenciar el evento de biomonitoreo y 4) transferir datos a la nube y proyectarlos en mapas interactivos. Próximamente estará disponible para uso libre.

Desarrollo tecnológico conjunto



Una app para monitoreo en ríos del Noa



BREVE RESEÑA SOBRE LOS TAXONES ASOCIADOS AL IBY-4

Elmidae (Figura 1A)

Familia de coleópteros acuáticos. Larvas y adultos coexisten en el mismo tipo de ambiente. Las larvas pueden variar entre 1 y 10 mm de longitud, con una forma del cuerpo alargada y más o menos cilíndrica. El adulto posee la cabeza retraída dentro del protórax y tiene patas relativamente largas con uñas tarsales prominentes que le facilitan la sujeción hacia el sustrato. Se alimentan principalmente de perifiton y respiran mediante el mecanismo de plastrón. El cuerpo está recubierto por pelos finos o en forma de escamas que repelen el agua, manteniendo una capa fina de aire en su superficie. A través de ésta y por difusión se realiza el intercambio de gases con el agua rica en oxígeno que la rodea (Archangelsky et al. 2009). El argumento biológico que justifica su inclusión en el IBY-4 es la sensibilidad del grupo frente a los sólidos en suspensión y el mecanismo de respiración por plastrón del adulto (lo cual lo hace sensible al tenor de oxígeno en agua).

Trichoptera (Figura 1B)

Es uno de los órdenes de insectos de agua dulce más diversificados. Sus larvas son acuáticas y viven en refugios fijos o transportables elaborados con seda; mientras que los adultos constituyen la fase dispersiva aérea. Son verdaderos arquitectos del mundo acuático continental. Representan un componente conspicuo de la biomasa en estos ecosistemas: las larvas dentro del curso de agua y los adultos en las adyacencias. Han colonizado distintos tipos de ambientes lóticos y lénticos, aunque con preferencia viven en los primeros (Angrisano & Sganga 2009). El argumento biológico que justifica su inclusión en el IBY-4 se entronca con la dependencia que manifiesta el grupo frente a la integridad del bosque ribereño.

Plecoptera (Figura 1C)

Las larvas acuáticas prefieren zonas turbulentas de los cursos montañosos de agua. Son de tamaño mediano con cuerpo aplanado y tienen la capacidad de desplazarse sobre las rocas expuestas a condiciones de alta

energía hidráulica. Las larvas se reconocen fácilmente por sus tres placas dorsales en el tórax y el par de cercos con el cual termina el abdomen. El adulto es alado y vive en las inmediaciones de su sitio de emergencia. Reviste especial interés su conducta reproductiva, consistente en la percusión de sonidos sobre rocas a título de llamadas sensuales que ejecuta el macho. El argumento biológico que justifica su inclusión en el IBY-4 reside en su condición de reófilos y dependencia hacia aguas bien oxigenadas.

Megaloptera (Figura 1D)

Las larvas son grandes y pueden alcanzar los 6 cm de longitud. Vulgarmente se los conoce como patudos debido a sus proyecciones abdominales que el ojo profano confunde con largas patas. Poseen mandíbulas fuertes que pueden, incluso, hendir la mano de quien ose manipularlos (¡damos testimonio de ello!). Son activos depredadores y el examen de su contenido estomacal revela una preferencia amplia de presas a las que devora en forma entera. El adulto es alado y representa una fase aérea tanto reproductiva como dispersiva. El argumento biológico que justifica su inclusión en el IBY-4 obedece a la circunstancia de ser depredadores máximos dentro del universo local de macroinvertebrados bentónicos, por ende estos insectos dependen del sostenimiento de una comunidad de base para ser viables poblacionalmente.

A



B



C



D



Figura 1. Insectos tenidos en cuenta para la aplicación del IBY-4. Larvas y adultos de élmidido (A), tricóptero (B), plecóptero (C) y megalóptero (D). Mientras que las larvas de A-C son generalmente menores a 30 mm de longitud, las larvas de D son más grandes y pueden exceder los 50 mm de longitud.

Referencias

- Angrisano E.B. & Sganga J.V. 2009. Trichoptera. En: Domínguez E. & H.R. Fernández. 2009. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán.
- Archangelsky M., Manzo V., Michat M.C. & Torres P.L.M. 2009. Coleoptera. En: Domínguez E. & H.R. Fernández. 2009. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán.
- Dos Santos D.A., Molineri C., Reynaga M.C. & Basualdo C. 2011. Which index is the best to assess stream health? *Ecological Indicators* 11: 582–589.
- Rosenberg D.M. & Resh V.H. (eds.) 1993. *Freshwater bio-monitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York.