

## Invertebrados acuáticos como indicadores del estado ambiental del Río Negro

Macchi, P.A.<sup>1, 2</sup>, Bernardis, A.M.<sup>2,3</sup>, Lavalle, A.L.<sup>3</sup>, Baeza, L.<sup>2</sup>, Encina, M.<sup>2</sup>, Mora, G.A.<sup>2</sup>, Navarro, M.<sup>2</sup> y Saade, I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Río Negro. Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología. Río Negro. Argentina.

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Río Negro. Profesorado de Nivel Medio y Superior en Biología. Cátedra de Ecología General y de Ecosistemas. Río Negro Argentina.

<sup>3</sup>Universidad Nacional del Comahue. Neuquén. Argentina.

Mail de contacto: [pmacchi@unrn.edu.ar](mailto:pmacchi@unrn.edu.ar)

### RESUMEN

El estudio de comunidades de macroinvertebrados se ha incrementado a consecuencia de su aplicación como bioindicadores. El objetivo del presente trabajo fue analizar los cambios en la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados del Río Negro. Se seleccionaron 19 sitios donde se midieron parámetros físico-químicos del agua y se tomaron muestras de macroinvertebrados en dos condiciones diferentes: aguas altas y bajas. Se exploraron modelos estadísticos para establecer diferencias entre la calidad del agua y los descriptores comunitarios. La concentración de oxígeno disuelto (OD) se mostró como una variable indicadora del estado del río. Entre los macroinvertebrados, Ephemeroptera fue sensible a bajas concentraciones de OD, con una relación exponencial entre ambas variables. Estos resultados preliminares evidencian la potencial aplicación de los macroinvertebrados para el diseño de herramientas de monitoreo y vigilancia ambiental del Río Negro.

**Palabras claves:** macroinvertebrados -ecosistemas lóticos-calidad del agua

### ABSTRACT

The study of macroinvertebrate communities has increased as a result of their application as bioindicators. The objective of this work was to analyze the changes in the composition and structure of the macroinvertebrate communities of the Negro River. 19 sites were selected where physical-chemical parameters of the water were measured and macroinvertebrate samples were taken under two different conditions: high and low waters. Statistical models were explored to establish differences between water quality and community descriptors. The dissolved oxygen concentration (OD) was shown as a variable indicating the state of the river. Among the macroinvertebrates, Ephemeroptera was sensitive to low OD concentration, finding an exponential relationship between these variables. These preliminary results show the potential application of the macroinvertebrate for the design of environmental monitoring and surveillance tools for the Río Negro.

**Keywords:** macroinvertebrate -lotic ecosystems - water quality

### Introducción

La integridad o estado ecológico de un sistema hidrológico resulta de la interacción de procesos físicos, químicos y biológicos y es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (Gibson et al., 1996).

Los ríos son altamente interactivos con el paisaje circundante y su cuenca hidrográfica, de manera que los procesos naturales y las actividades humanas desarrolladas en su cuenca repercuten directamente en la estabilidad de los ecosistemas, sus procesos ecológicos y sobre la calidad del agua (Poff et al., 2010). En la actualidad los sistemas

acuáticos están sometidos a un marcado deterioro de la calidad del agua provocado fundamentalmente por acciones antrópicas (agrícolas, forestales, industriales y urbanas) que se desarrollan en una cuenca hidrográfica, poniendo en riesgo la conservación de su biodiversidad y los importantes servicios ecosistémicos que brindan a la sociedad (Assessment M. E., 2005).

Tradicionalmente las metodologías de estudio y seguimiento de la calidad de agua estaban basadas principalmente en análisis fisicoquímicos (Prat et al., 2009). Sin embargo, el incremento de nuevos productos contaminantes, así como el hecho de que los vertidos son generalmente puntuales en el tiempo necesita de nuevas metodologías (Bonada, 2006). Es por ello que el uso de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de las aguas está generalizándose en todo el mundo (Segnini, 2003).

Los macroinvertebrados son organismos acuáticos (principalmente platelmintos, anélidos, moluscos, crustáceos e insectos) que participan en el funcionamiento ecológico de los ecosistemas y las alteraciones en el ambiente son reflejadas en cambios en la estructura, composición y dinámica de sus comunidades (Macchi, 2017). Estas metodologías no reemplazan a los muestreos fisicoquímicos, sino se integran para lograr una mejor evaluación de la contaminación en los cuerpos de agua (Kohlmann et al., 2018).

Los métodos de evaluación de la calidad de las aguas basados en macroinvertebrados acuáticos ofrecen múltiples ventajas tales como: simplicidad metodológica, rapidez en la obtención de los resultados y una alta confiabilidad, lo que hace de estos métodos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria de la calidad del agua en las cuencas y ríos en general (Gutierrez et al., 2004). Entre las limitaciones se puede mencionar a que no identifican estresores o agentes causantes de la degradación de la calidad del agua.

Los valles asociados al Río Negro constituyen una región agrícola ganadera bajo riego, con una fuerte expansión urbana y con una creciente explotación de hidrocarburos. Estas actividades desarrolladas repercuten potencialmente en el deterioro de la calidad del agua de los ríos y en las alteraciones de sus comunidades biológicas. El objetivo del presente trabajo es analizar los cambios en la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados del río Negro, asociados a la variación de la calidad del agua.

## Materiales y Métodos

Se seleccionaron 19 sitios (desde Arroyito en el río Limay y Vista Alegre en el río Neuquén hasta la Isla La Paloma, Viedma, en el Río Negro; Fig. 1); en cada uno de ellos se midieron parámetros físico-químicos del agua (Temperatura, pH, conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD) y turbidez) y se tomaron muestras de macroinvertebrados utilizando red D de 500  $\mu\text{m}$ . Los muestreos se realizaron bajo dos condiciones hidrológicas diferentes: aguas altas (agosto) y bajas (diciembre). Se exploraron modelos estadísticos para explorar si existieron diferencias entre la calidad del agua y los descriptores comunitarios.



Fig. 1. Ubicación de los puntos de muestreo.

En este diseño de muestreo, los sitios y variables fueron medidos en distintos momentos en el tiempo, por lo que se obtuvo en cada lugar una tabla de dos vías y, por tanto, la información se presenta en varias tablas de sitios por variables, es decir, cada

observación es originada por tres modos: Sitios, Variables y Condiciones. La información se concentra en las denominadas Matrices Multivía en donde cada dato es originado por tres modos: individuos, variables y condiciones. Dentro de los métodos multivariados empleados en el tratamiento de los Datos de Tres Modos, uno de los más usados es el Análisis Factorial Múltiple (AFM) (Escofier y Pagès, 1990). Estos métodos tienen como objetivo principal la búsqueda de una estructura común (configuración consenso) para las diferentes condiciones. Se recurrió a esta técnica para comparar el comportamiento de las variables referidas a las abundancias de macroinvertebrados bentónicos respecto a las físico-químicas en los momentos del año considerados.

Para intentar explicar (o predecir) las abundancias de macroinvertebrados bentónicos a través de una variable físico-química se recurrió al análisis de regresión. La relación puede ser lineal o exponencial como este caso. Se usó el paquete estadístico R (R Development Core Team, 2015).

## Resultados y discusión

Los resultados evidenciaron puntos críticos de degradación de la calidad del agua del Río Negro, con la consecuente pérdida de la biodiversidad de macroinvertebrados.

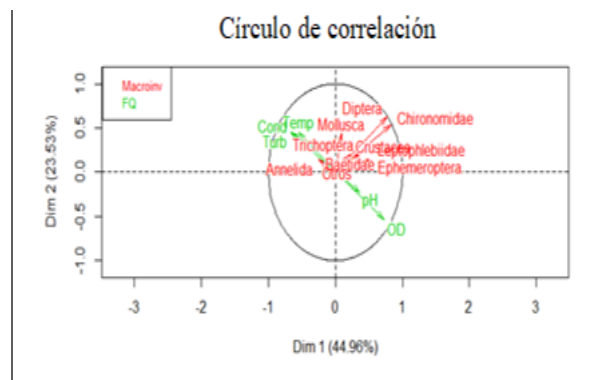
Las aguas del Río Negro son en general neutras a moderadamente alcalinas, con baja CE ( $< 220 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) y OD cercano a la saturación. Sin embargo, en aquellos sitios próximos a fuentes puntuales de contaminación, como la desembocadura de desagües urbanos e industriales, la CE se incrementó ( $695 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) y el OD mostró bajas concentraciones ( $3,89 \text{ mg/L}$ ).

Estos cambios en la calidad del agua repercutieron en la riqueza y diversidad de macroinvertebrados, con una reducción cercana al 50% de los valores medios registrados en sitios no impactados.

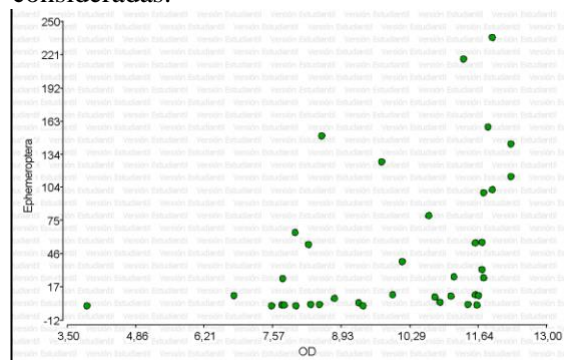
Mediante el análisis factorial múltiple se pudo identificar al OD como una variable indicadora del estado del río (Fig. 2). Esta

variable es una condición determinante de la capacidad del medio de sostener una mayor biodiversidad. Asociada a esta variable, entre los macroinvertebrados, Ephemeroptera fue sensible a bajas concentraciones de OD (sitios con mayor contaminación orgánica), encontrándose una relación exponencial entre ambas (Fig. 3), de acuerdo a la siguiente ecuación  $= 0,099 \cdot 0,49$  ( $p < 0,005$ ). Estudios previos realizados también en la región han demostrado que los

macroinvertebrados responden a la contaminación eliminando los taxones más sensibles (Ephemeroptera) y aumentando la abundancia de aquellos tolerantes (Diptera y Annelida) (Macchi et al., 2018). Particularmente los Ephemeroptera habitan aguas limpias y bien oxigenadas por lo que resultan buenos indicadores biológicos de calidad de las aguas (Alba-Tercedor, 2015).



**Fig. 2.** Análisis factorial múltiple de las variables físico-químicas y los macroinvertebrados en las dos temporadas consideradas.



**Fig. 3.** Modelo exponencial entre la abundancia media de Ephemeroptera en función de la concentración de oxígeno disuelto.

## Conclusiones

Estos resultados preliminares evidencian la potencial aplicación de la comunidad de macroinvertebrados para el diseño de herramientas de monitoreo y vigilancia ambiental del Río Negro junto a variables físico químicas en especial OD.

## Referencias

- Alba-Tercedor, J. 2015. Orden Ephemeroptera. *Revista IDEA-SEA*, 40: 1-17.
- Assessment, M. E. 2005. Ecosystems and human well-being: wetlands and water. World Resources Institute, Washington, DC, 5.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V.H. y Statzner, B. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology* 51: 495-523.
- Escofier, B. y Pagès, J. 1990. *Analyses Factorielles Simples et Multiples: Objectifs, Méthodes et Interprétation*. Paris: Dunod.
- Gibson, G. R., Barbour, M. T., Stribling, J. B., Gerritsen, J. y Karr, J. R. 1996. *Biological Criteria: Technical guidance for streams and small rivers*. Environmental Protection Agency, Washington, DC (United States). Office of Water.
- Gutiérrez, J.D., Riss, W. y Ospina, R. 2004. Bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá, utilizando redes neuronales artificiales. *Caldasia* 26(1): 151-60.
- Kohlmann, B., Arroyo, A., Macchi, P. A., & Palma, R. 2018. Biodiversity and Biomonitoring Indexes. In *Integrated Analytical Approaches for Pesticide Management* (pp. 83-106). Academic Press.
- Macchi, P., Loewy, R.M., Lares, B., Latini, L., Monza, L., Guñazú, N. y Montagna, C.M. 2018. The impact of pesticides on the macroinvertebrate community in the water channels of the Río Negro and Neuquén valley, north Patagonia (Argentina). *Environmental Science and Pollution Research* 25(11): 10668-78.
- Macchi, P. A. 2017. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores ecológicos de cambios en el uso del suelo en mallines del sudoeste de la provincia de Río Negro. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Poff N.L., B. Richter, A.H. Arthington, S.E.Bunn, R.J. Naiman, E. Kendy, M. Acreman, C. Apse, B.P. Bledsoe, M. Freeman, J. Henriksen, R.B. Jacobson, J. Kennen, D.M. Merritt, J. O’Keeffe, J.D. Olden, K. Rogers, R.E. Tharme y A. Warner. 2010. The Ecological Limits of Hydrologic Alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards. *Freshwater Biology* 55:147-170.
- Prat, N., Ríos, B., Acosta, R. y Rieradevall, M. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*, 631-654.
- R Development Core Team. 2015. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Roldán-Pérez, G. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 40(155): 254-74.
- Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos*, 16(2): 45-63.