

Modelación ecotoxicológica del impacto urbano del desarrollo de Vaca Muerta sobre el tramo regulado del río Neuquén en Añelo

Giselle Luciana Orellano¹, Ana Cecilia Dufilho y Pablo Antonio Macchi^{1,2}

¹ Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud. Universidad Nacional del Comahue

² Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología. CONICET-UNRN. General Roca Río Negro. Estados Unidos 750, General Roca (Río Negro).

Mail de contacto: giselleorellano@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue utilizar un modelo de simulación de ecosistemas para predecir el destino de contaminantes físicos y químicos y sus efectos sobre comunidades de macroinvertebrados acuáticos, bajo diferentes escenarios, en el tramo regulado del río Neuquén, Argentina. Para ello se utilizó el modelo AQUATOX (US EPA) y se calibró con datos de variables físicas y químicas de la calidad del agua y abundancias de macroinvertebrados provenientes de monitoreos anuales realizado por la Subsecretaría de Ambiente y la Subsecretaría de Recursos Hídricos, período 2014-2017. La modelación indicó que el estado trófico actual es bueno, pero que los escenarios de desarrollo futuro disminuirán la calidad del agua. Si bien, los datos disponibles de macroinvertebrados son insuficientes, los macroinvertebrados muestran que son buenos bioindicadores de estos impactos.

Palabras claves: calidad del agua, macroinvertebrados, AQUATOX.

ABSTRACT

The aim of the present study was to use an ecosystem simulation model to predict the fate of physical and chemical pollutants and their effects on communities of aquatic macroinvertebrates, under different scenarios, in the regulated stretch of the Neuquén river, Argentina. For this, the AQUATOX model (US EPA) was used and it was calibrated with data of physical and chemical variables of water quality and abundance of macroinvertebrates from annual monitoring carried out by environment and water resources departments, period 2014-2017. The modeling indicated that the current trophic state is good, but that future development scenarios will decrease water quality. While the available macroinvertebrate data is insufficient, macroinvertebrates show that they are good bioindicators of these impacts.

Keywords: water quality, macroinvertebrates, AQUATOX.

Introducción

La calidad del agua de un río es el resultado de un conjunto de factores y que, tanto la geoquímica de la cuenca hidrográfica, como su régimen hidrológico y las características hidráulicas del sistema fluvial, influyen en su composición (Debels *et al.*, 1999). Adicionalmente, en la sociedad moderna, esta calidad "natural" se ve muchas veces drásticamente alterada debido al ingreso de contaminantes de origen antropogénico, provenientes desde fuentes puntuales y difusas.

Actualmente a nivel mundial existe un creciente interés en preservar los ecosistemas fluviales. Particularmente importantes son los ecosistemas fluviales altoandinos ya que proporcionan el suministro de agua a centros urbanos y rurales y la generación de energía eléctrica, entre otros beneficios directos (Acosta *et al.*, 2009). Sin embargo, la expansión de la frontera agrícola y el aumento de la población humana han incrementado la presión sobre estos ecosistemas y el impacto sobre la calidad del agua (Jacobsen y Marín, 2007).

Numerosos investigadores han diseñado una variedad de modelos y sistemas de apoyo

a las decisiones que son útiles para la planificación de los recursos hídricos y la gestión a nivel de cuenca (Salla *et al.*, 2014).

Los modelos de calidad del agua constituyen eficaces herramientas para investigar y describir el estado ecológico de los sistemas hídricos, permitiendo predecir la respuesta de éstos frente a alteraciones de algunas de las condiciones ambientales (Holguin González *et al.*, 2013).

La gestión y conservación de ecosistemas acuáticos requiere de nuevas herramientas que permitan diagnosticar el estado actual y analizar el estado futuro bajo la ocurrencia de escenarios posibles. El objetivo del presente trabajo es utilizar un modelo de simulación de ecosistemas para predecir el destino de contaminantes físicos y químicos y sus efectos sobre comunidades de macroinvertebrados acuáticos, bajo diferentes escenarios, en el tramo regulado del río Neuquén.

Materiales y métodos

El área de estudio se ubica a unos 80 km al oeste de la capital provincial, comprende la zona de Añelo, sobre el río Neuquén, en el tramo regulado por el Sistema Cerros Colorados; entre la presa Portezuelo Grande y el Dique Compensador El Chañar (Fig.1). Se caracteriza por la importante y creciente incidencia de la explotación hidrocarburífera, seguida de la actividad agrícola, ganadera y agroindustrial.

Las obras de Portezuelo Grande constituyen un cierre al curso natural del río para derivar la mayor parte de las aguas hacia los embalses Los Barreales y Mari Menuco y permite el paso de un caudal de 12 m³/s por el lecho natural del río para cubrir las necesidades ambientales, el consumo humano y el uso agrícola hasta el embalse de El Chañar (ORSEP, 2018).

Para la modelización se utilizó el modelo de simulación de sistemas acuáticos AQUATOX, que predice el destino de nutrientes, sedimentos, productos químicos orgánicos en los cuerpos de agua, y los

efectos, tanto directos como indirectos, en los organismos acuáticos. Simula la transferencia de biomasa y productos químicos desde un compartimento del ecosistema a otro. Lo realiza calculando simultáneamente procesos químicos y biológicos a través del tiempo. Simula múltiples estresores ambientales (incluyendo nutrientes, descargas orgánicas, sedimentos, químicos tóxicos y temperatura) y sus efectos sobre las comunidades de algas, macrófitas, macroinvertebrados y peces. (EPA, 2016).

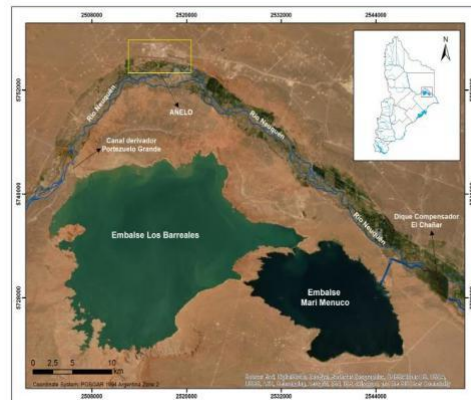


Fig. 1. Localización del área de estudio.

El tramo modelado tiene una longitud de 9,2 km, con una profundidad promedio entre 0,6 a 1 m, y un ancho medio de 20 m. El caudal está regulado en 12 m³/s durante todo el año. La temperatura media del agua es de 14°C con un rango de variación de 18°C. La energía incidente promedio es de 500 Ly/d y una evaporación media anual cercana a 1900 mm.

Para definir la situación actual se utilizó de base el modelo calibrado por Dufilho *et al.*, (2017) para el período 2013-2014, al cual se le agregaron los datos correspondientes de los años 2015 y 2016.

Los valores de nitrógeno total (NT), fósforo total (PT), oxígeno disuelto (OD), temperatura (T) y abundancia de macroinvertebrados obtenidos en los muestreos, se adicionaron como valores observados.

La modelación se realizó a escala diaria entre el 1 enero de 2013 y el 31 de diciembre de 2017, en un total de 1826 días.

El análisis de impactos futuros se planteó a través de escenarios que representan diferentes condiciones de caudal y carga de nutrientes: Escenario 1, con una proyección de la población a 15 años, 35872 habitantes, con vertido de efluentes al río sin tratamiento, resultando un aporte de 516556,8 g/día de N y 103311,35 g/día de P; Escenario 2, situación actual con una disminución del caudal a 6 m³/s; Escenario 3: aporte de nutrientes junto con la disminución del caudal, es decir, el escenario 1 más el escenario 2.

Resultados y discusión

La simulación del período 2013 – 2017 ajustado a los datos observados explica la dinámica temporal del ecosistema acuático.

En el escenario 1 con el aumento de la concentración de nutrientes, aumenta la disponibilidad de recursos alimenticios (diatomeas bentónicas) y como consecuencia se produce una mayor abundancia de macroinvertebrados herbívoros (Trichoptera) (Fig. 2). Las larvas de los tricópteros se desarrollan en un amplio rango de características ecológicas y presentan estrategias alimenticias que incluyen entre otros el raspado de algas y la succión de contenidos celulares de algas (Wiggins, 2004). La gran mayoría de las especies son sensibles a la contaminación del agua y a la alteración de su hábitat, incluyendo las zonas de las riberas (Springer, 2010).

Por otro lado el aumento de algas periféricas, produce un aumento de la materia orgánica lábil, favoreciendo una mayor abundancia de larvas de dípteros Chironomidae (Fig. 3). Las especies de familia tienen una alta tasa reproductiva y alcanzan abundancias muy elevadas; son indicadores de cambios extremos en las condiciones de la calidad del agua siendo altamente tolerantes a la contaminación orgánica, alimentándose mayormente por

detritos sedimentables lábiles (Paggi, 2003).

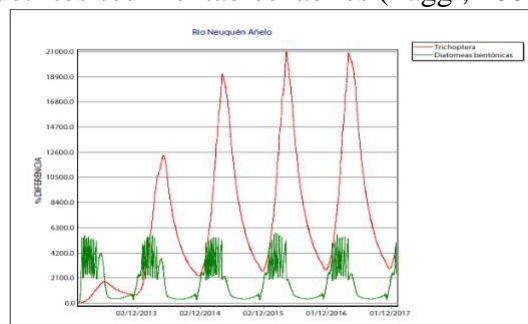


Fig. 2. Diferencia porcentual de las abundancias de Trichoptera (rojo) y diatomeas bentónicas (verde), entre la situación actual (control) y el escenario 1 (aumento de nutrientes).

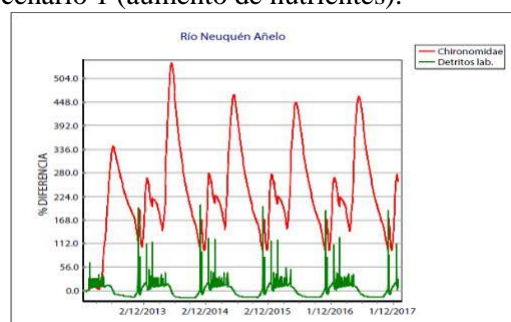


Fig. 3. Diferencia porcentual de la abundancia de Chironomidae (rojo) y la concentración de detritos lábiles (verde), entre la situación actual (control) y el escenario 1 (aumento de nutrientes).

En el escenario 2 se observa el efecto de la disminución del caudal en los macroinvertebrados (Fig. 3). Un menor caudal implica menos oxigenación, recursos y hábitat disponible, posibilitando que solo algunos sobrevivan, los más tolerantes a estas condiciones. Esto se refleja en la persistencia y aumento de Chironomidae y, en la disminución de Amphipoda (Crustacea).

En el escenario 3 (Fig. 5), que integra ambos escenarios anteriores, es decir aumento de nutrientes junto a la reducción del caudal, Trichoptera y Chironomidae son los únicos que sufren cambios significativos mostrando una tendencia creciente, muy similar a los resultados del escenario 1, donde las condiciones de enriquecimiento de nutrientes favorecen el aumento de recursos alimenticios.

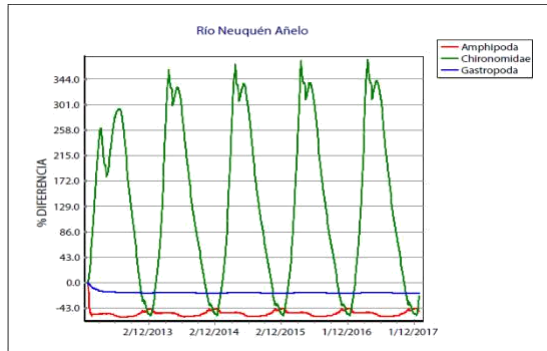


Fig. 4. Diferencia porcentual de las abundancias de Gastropoda (azul), Chironomidae (verde) y Amphipoda (rojo), entre la situación actual (control) y el escenario 2 (aumento de caudal).

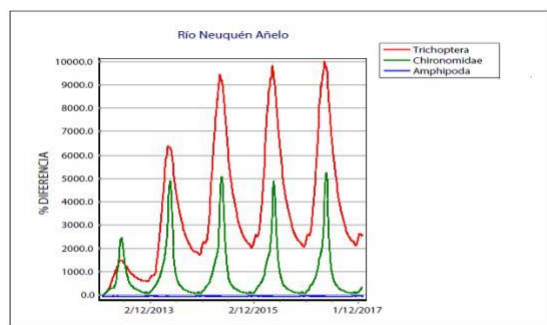


Fig. 5. Diferencia porcentual de las abundancias de Trichoptera (naranja), Chironomidae (violeta) y Amphipoda (azul), entre la situación actual (control) y el escenario 3 (aumento de caudal y nutrientes).

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos se considera que el modelo calibrado cumplió con los objetivos planteados, explicando la dinámica actual del tramo del río Neuquén en Añelo y estimando el impacto que el aumento de actividades en la zona produciría (escenarios), identificando taxones de macroinvertebrados que reflejan las condiciones ambientales.

Se considera que la modelación dinámica implementada con AQUATOX, es una herramienta que debe ser alimentada con nuevos datos de relevamientos a efectos de poder analizar además los impactos que producirían en el ecosistema, otras sustancias disueltas en el agua como plaguicidas, sustancias suspendidas, sales, etc.

Para mejorar las prestaciones del modelo debería ajustarse los peces e incorporar aves en la cadena trófica.

Referencias

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., Prat, N. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*. Asociación Ibérica de Limnología, Madrid, España. 28(1): 35-64.
- Debels, P., Barra, R., Jaque, E., Parra, O. 1999. Diagnóstico de la calidad del agua del Río Damas: Uso del suelo y producción hídrica. Unidad de sistemas acuáticos. VI Jornadas del CONAFI-CHILE. Centro EULA, Universidad de Concepción, Chile. 11pp.
- Dufilho, C., Macchi, P., Medina, L., Palma, R., Cesio, V., Niell, S., Hladki, R., Oliva, B., Cuadra, J., Guatemala, J. 2017. Use of an ecotoxicological model and bioindicators for the management of aquatic systems in agricultural basins in Latin America and Caribbean. 6° Congreso Latinoamericano de Residuos de Plaguicidas. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Environmental Protection Agency. 2016. Aquatox Basic Information. www.epa.gov.
- Holguin González J., Everaert, G., Boets P., Galvis, A., Goethals, P. 2013. Development and application of a integrated ecological modeling framework to analyze the impact of wastewater discharges on the ecological water quality of rivers. *Environ. modelling & software*, 48, 27-36.
- Jacobsen, D., Marín, R. 2007. Bolivian Altiplano streams with low richness of macroinvertebrates and large diel fluctuations in temperature and dissolved oxygen. *Aquatic Ecology*, 42(4), 643-656.
- ORSEP. 2018. Diques Argentinos en realidad aumentada. Libro interactivo digital. Buenos Aires, 131 pp.
- Paggi, A. 2003. Los Quironómidos (Diptera) y su empleo como bioindicadores. *Biología Acuática* 21: 50-57.
- Salla, M., Paredes-Arquiola, J., Solera, A., Álvarez, J., Pereira, C., Filho, J., Oliveira, A.L. 2014. Integrated modeling of water quantity and quality in the Araguari River basin, Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(1), 224-257.
- Springer, M. 2010. Capítulo 7: Trichoptera. *Revista de Biología Tropical*, 58, 151-198.
- Wiggins, G. 2004. Caddisflies: the underwater architects. University of Toronto Press, Toronto, Buffalo, London, 291 pp.