

# Los indicadores biológicos en la Patagonia

Calidad de agua  
e integridad ecológica:  
una mirada desde  
arroyos a mallines

**María Laura Miserendino**

**Luis Beltrán Epele**

**Cecilia Brand**

**Luz María Manzo**

## Los indicadores biológicos en la Patagonia

### Calidad de agua e integridad ecológica: una mirada desde arroyos a mallines

María Laura Miserendino, Luis Beltrán Epele, Cecilia Brand y Luz María Manzo

#### Resumen

La Patagonia comprende una vasta región (> 1.000.000 km<sup>2</sup>) que exhibe una remarcable heterogeneidad espacial, en donde las formas de relieve como montañas, mesetas, y valles están drenadas por sistemas fluviales que desaguan al Atlántico y al Pacífico. Además de lagos y lagunas, son numerosos los "mallines" (área donde se acumula agua) que están presentes en el área. Examinamos las diferentes alternativas de bioindicación utilizadas hasta la fecha a modo de brindar un panorama respecto a la salud de los cuerpos de agua y zonas ribereñas. Describimos resultados en relación a mecanismos que operan a nivel de la membrana celular, invertebrados acuáticos, macrófitas, ecosistemas de ribera, y calidad de hábitat. Si bien es notorio el trabajo realizado en diversas cuencas patagónicas, en donde diferentes instituciones han puesto esfuerzos y recursos, vislumbramos que aún falta mejorar la articulación con los entes de gestión.

**Palabras clave:** Macroinvertebrados, macrófitas, sistemas fluviales, humedales, calidad de ecosistemas de ribera, condiciones de hábitat.

#### Abstract

*The Patagonia is a vast region (> 1,000,000 km<sup>2</sup>) that displays a marked spatial heterogeneity in which the landforms as the mountains, piedmonts and valleys are drained for fluvial systems ending in the Pacific and Atlantic Oceans. In addition to lakes and lagoons occurring in the region, there are numerous wetland ponds (mallines). Here we examine different alternatives of bioindication currently used to illustrate aspects inked with health of water and riparian zones of rivers, and wetlands. We describe main findings in relation with mechanisms operating at cellular level, aquatic invertebrates, macrophytes, riparian ecosystems and habitat conditions. Despite the abundant scientific research conducted at Patagonian basins, involving effort and financial support from institutions, there is still a long way to better articulate results with management authorities.*

**Keywords:** Macroinvertebrates, macrophytes, fluvial systems, wetlands, riparian ecosystem quality, habitat conditions.

#### Introducción

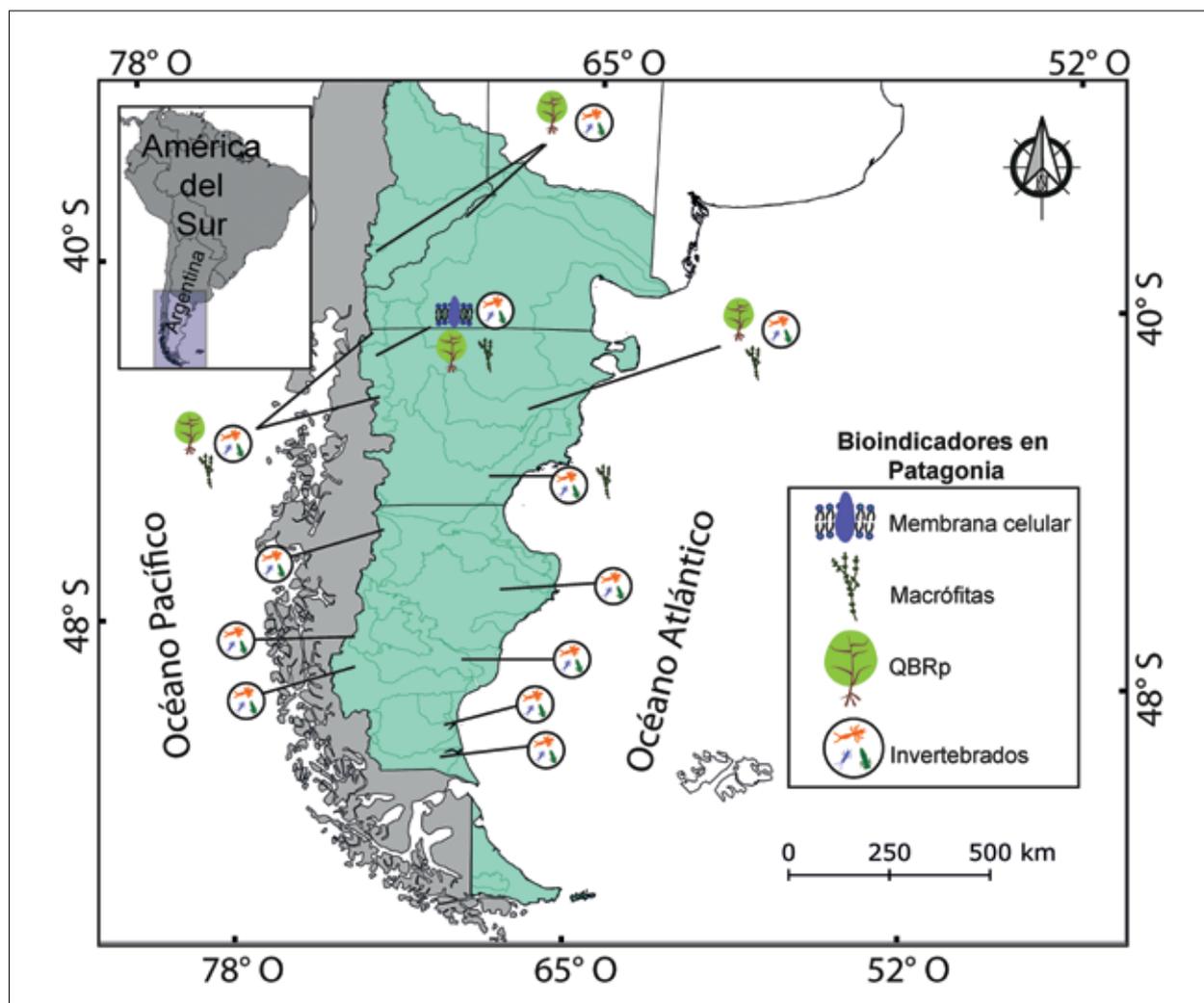
La vasta región patagónica comprende ecosistemas acuáticos que van desde grandes espejos de agua, arroyos y ríos en la cordillera hasta importantes ríos con sistemas de tributarios que discurren a través de la meseta. En todo el territorio también se encuentran los típicos "mallines" que es la denominación regional de los humedales patagónicos, palabra que en Mapuche significa área inundada o bajo donde se acumula el agua. En un contexto histórico, las actividades ejercidas por el hombre sobre las cuencas en la región han sido diversas. En las últimas décadas, se ha hecho un esfuerzo importante por relevar la biodiversidad y por comprender el funcionamiento de lagos, arroyos y ríos, y mallines, evaluando por ejemplo, como las distintas modalidades e intensidades de uso de la tierra (urbano, silvopastoril, agropecuario, minero, etc.) pueden afectar la integridad ecológica y los atributos de las comunidades acuáticas.

Los estudios científicos sobre calidad de agua que utilizan como herramientas de evaluación a los indicadores biológicos son bastante recientes. Mayormente han sido implementados en arroyos urbanos como punto de partida (Miserendino, 1995; Miserendino y Pizzolón, 1999; Miserendino y Brand, 2009), en menor magnitud en ríos grandes (Miserendino, 2007, 2009) y más recientemente en mallines (Epele y Miserendino, 2015). Inicialmente en estudios de calidad de agua, los indicadores utilizados fueron mayormente las comunidades de macroinvertebrados, pero en aproximaciones más nuevas se han utilizado evaluaciones basadas en distintos niveles de organización biológica (celular, individuo, poblaciones, etc.). En este sentido se presentan y resumen los avances y alcances de lo producido en la región (Fig. 1).

#### Macrófitas

Las comunidades de plantas acuáticas cumplen un rol fundamental en los ambientes acuáticos, y se han observado marcadas respuestas a los disturbios. En un estudio llevado a cabo en 18 sitios sobre pequeños cursos de agua cordilleranos, Masi y Miserendino (2009) observaron que los tramos de arroyos urbanos usualmente mostraron ensambles ricos en productores primarios mayormente representados por *Veronica anagallis-aquatica*, *Juncus microcephalus*, *J. arcticus*, *Myriophyllum quitense*, *Callitriche lechleri*, *Ranunculus* sp., *Mimulus glabratus*, *Eleocharis* sp. y *Cladophora* sp. En general, los sitios en arroyos urbanos presentaron significativamente más biomasa de macrófitas que la observada en arroyos de bosques nativos y sitios sometidos a pastoreo.

Las macrófitas también han recibido atención como componente esencial en los humedales o mallines. Estos ambientes sostienen mucha de la ganadería en las zonas



**Figura 1:** Bioindicadores utilizados en estudios de calidad de agua en distintas cuencas patagónicas incluyendo cursos fluviales y mallines.

extrandinas. Kutschker y colaboradores (2014) pudieron establecer importantes relaciones especie-ambiente en 30 mallines del noroeste patagónico sujetos a presión ganadera, donde se relevaron unas 50 especies de plantas acuáticas. Aparentemente el gradiente ambiental del disturbio quedó definido por los niveles de salinidad y amonio. Las respuestas observadas en los ensambles de plantas acuáticas de mallines además dependieron de la hidrología de los mismos (conectados a cuerpos de agua lóticos o aislados). En mallines aislados, hubo marcados cambios de composición a medida que se incrementó la presión de pastoreo, disminuyendo fuertemente la riqueza hacia los sitios más disturbados. El deterioro de los mallines estuvo señalado por la presencia de las especies indicadoras: *Distichlis spicata*, *Xanthium spicatum* y *Eleocharis melomphala*. Si bien la mayoría de las especies registradas fueron nativas, un 25 % de especies exóticas fueron reportadas en áreas con disturbios intermedios y altos. Las métricas basadas en plantas acuáticas que fueron más consistentes en relación al disturbio por

pastoreo, y que serían recomendables para utilizar, fueron la riqueza de especies, la riqueza de especies nativas y la cobertura total.

### Índice de condición de hábitat

Es sabido que la heterogeneidad espacial juega un rol fundamental en la estructuración de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Un modo de cuantificar esta heterogeneidad espacial dentro de arroyos y ríos han sido las herramientas de valoración de hábitat propuesta para ambientes del hemisferio norte por Barbour y colaboradores (1999). Este índice adaptado a ambientes patagónicos resulta útil para caracterizaciones de arroyos de montaña (Miserendino, 2005). El mismo se utiliza para calificar el hábitat mediante la valoración de diez atributos del cauce y de la ribera con puntuaciones que van del 0 al 200. Un valor de 200 indica las mejores condiciones (natural y prístino) y cuanto más cerca de

cero lo contrario. En estudios recientes hemos observado que al comparar sitios de referencia con ambientes urbanizados, se producen reducciones de entre 6 % (Arroyo Esquel), y 54 % (Río Carbón) en la calidad del hábitat (Miserendino *et al.*, 2008). Mientras que también ha resultado útil el empleo de este índice para evaluar el efecto del pastoreo en ambientes con uso ganadero, con reducciones de calidad de entre 30 y 52 % (Rangos: 91 a 131 puntos: marginal o subóptimo) respecto a sitios de referencia (Rangos: 169 a 189 puntos: óptimo) (Brand y Miserendino, 2015). Además, este índice ha permitido diagnosticar las consecuencias del dragado, canalizaciones o de procesos de deforestación.

### Índice de calidad de ecosistemas de ribera patagónicos: QBRp

Otra de las adaptaciones que se han llevado a cabo es la del índice de calidad de ribera utilizado en ríos españoles por Munné y colaboradores (2003), que con algunos ajustes sería adecuado para verificar consecuencias de intervenciones en ambientes ribereños de la Patagonia. Entre otras modificaciones Kutschker y colaboradores (2009) incluyeron puntajes que reflejaran la composición de la flora nativa en el área que incluye, entre otros, bosques monoespecíficos de lenga, que son típicos de los bosques subantárticos. Su implementación ha permitido diagnosticar las consecuencias del pastoreo, extracción de madera por actividades forestales, plantación de especies exóticas, y las modificaciones derivadas de las urbanizaciones. Los puntajes han variado entre 25,5 y 100, correspondiendo a categorías de calidad mala y óptima respectivamente. Asimismo, en cuencas con áreas de uso rural se observan importantes modificaciones en los corredores ribereños, aun cerca de los sitios de cabecera a mayor altitud (Kutschker *et al.*, 2013; Papazian *et al.*, 2013). En un trabajo que analizó la composición y estructura del bosque ribereño en la cuenca del Percy (Chubut) se observó un reemplazo casi total del bosque en el tramo bajo, y colonización de tramos medios por los sauces exóticos *Salix fragilis* y *S. alba*, en algunos casos ocupando espacios de la nativa *Nothofagus antarctica* (ñire) (Miserendino *et al.*, 2016). Aparentemente hay una inusual habilidad de los sauces invasivos del complejo *S. alba-fragilis* de sustituir especies nativas del bosque de ribera con procesos de colonización desde aguas arriba hacia abajo como fuera registrado en la cuenca del Río Negro (Thomas y Leyer, 2014). Este comienza a ser un fenómeno emergente en paisajes ribereños patagónicos, cuyas consecuencias sobre la biota aún no comprendemos totalmente. Muchos de los fenómenos relacionados a la composición y distribución de las especies de ribera en los valles aluviales y canales principales estarían afectados por las intervenciones antropogénicas: dragado, canalizaciones y modelado de riberas. Las intervenciones que

producen disturbios en las riberas favorecen la invasión de especies terrestres y acuáticas exóticas. Esto se documentó claramente en la cuenca del río Percy con un ensamble compuesto por *Carduus thomereri*, *Trifolium repens*, *Melilotus alba*, *Medicago sativa*, *Rumex acetosella* y *Rosa rubiginosa* en los estratos herbáceos y arbustivos (Miserendino *et al.*, 2016).

## Macroinvertebrados

### Ambientes fluviales

En ámbitos fluviales patagónicos, los macroinvertebrados aparecen como valiosos indicadores de disturbio y de degradación ambiental. Las primeras evaluaciones de calidad de agua en ríos urbanos (Miserendino, 1995) demostraron cambios profundos en la composición de especies por el vertido de efluentes cloacales sin tratar en el sistema Esquel-Percy (Pcia. del Chubut). A partir de allí, y con un mejor conocimiento de estas comunidades, se propusieron métricas e índices bióticos adaptados a la región, el IAP (Índice Andino Patagónico) y el BMPS (Biotic Monitoring Patagonian Stream) (Miserendino y Pizzolón, 1999; Pizzolón y Miserendino, 2001). En estos trabajos se demostró la respuesta de estas métricas a variables ambientales indicadoras de contaminación como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), el oxígeno disuelto, la conductividad y los sólidos suspendidos. Las valoraciones se hicieron en secuencias estacionales, entre las que se destaca el estiaje (verano) como un momento adecuado para evaluaciones de calidad de agua. Los índices también fueron válidos para evidenciar procesos de depuración espontáneos en el sistema, acompañando los cambios en los parámetros ambientales. Esto es, la recomposición de la comunidad de invertebrados en respuesta a la disminución de la DBO<sub>5</sub> e incremento de oxígeno, entre otros.

En el sistema Azul-Quemquemtreu, asociado al asentamiento urbano de El Bolsón (Pcia. Río Negro), Miserendino y Pizzolón (2003) observaron un leve a moderado impacto, que se manifestó en un empobrecimiento de la riqueza total y de la fauna EPT (Ephemeroptera+Plecoptera+Trichoptera).

En trabajos realizados en el arroyo Durán, un tributario del Río Limay que atraviesa la ciudad de Neuquén (Provincia de Neuquén), Macchi y colaboradores (2006) asociaron dramáticos cambios en la composición de los ensambles comunitarios (38 a 5 especies de macroinvertebrados) con el empobrecimiento de la calidad del agua. Asimismo, en los Arroyos Maipú, Trabunco y Pochullo, que son aledaños a la ciudad de San Martín de los Andes (Pcia. de Neuquén), mostraron que las métricas como EPT, diversidad H' (Shannon Wiener), y los índices bióticos BMPS y el IAP, fueron consistentes para

evaluar calidad de agua, sin embargo el BMPS se destacó por evidenciar contaminación incipiente (Macchi, 2007; 2008). También serían importantes los cambios de composición de macroinvertebrados en cuencas con desarrollo agrícola y utilización de plaguicidas en microcuencas del Alto Valle del Río Negro y Neuquén (Macchi *et al.*, 2016).

Por otra parte, estudios realizados en la cuenca Challhuaco y Ñireco (Provincia de Río Negro), aledañas a la ciudad de San Carlos de Bariloche, mostraron que los ensambles en cabecera estuvieron representados por insectos sensibles, mientras que los taxones tolerantes como los anélidos Tubificidae y Lumbriculidae y los dípteros Chironomidae fueron dominantes en los sitios urbanizados. En relación con las métricas analizadas, la riqueza total, EPT taxa, la diversidad  $H'$  y el índice biótico BMPS evidenciaron diferentes niveles de disturbio en el sistema (Mauad *et al.*, 2015). Por otro lado, los sistemas Catedral-Gutiérrez y Manso-Villegas mostraron condiciones prístinas tanto en lo expresado por las condiciones ambientales como en la comunidad de macroinvertebrados (Mauad, 2013).

Los índices propuestos también han servido para investigar qué efectos producen las distintas prácticas o formas del uso de la tierra incluyendo el desarrollo silvopastoril y las intervenciones forestales (Brand y Miserendino, 2011; Miserendino *et al.*, 2011). Asimismo han permitido evaluar la recuperación de arroyos en ámbitos urbanos, cuando se han puesto en marcha sistemas de depuración de efluentes a través de sistemas de filtros verdes (humedales artificiales). En otros ámbitos urbanos como el Arroyo Las Minas (Cholila), donde el impacto derivó del disturbio físico como el dragado, la riqueza total de macroinvertebrados y la del grupo EPT fueron las métricas que mostraron respuestas más marcadas (Miserendino *et al.*, 2008). En este trabajo, además, se pudieron comparar algunos beneficios resultantes de la depuración de efluentes por la puesta en marcha de la planta de tratamientos de aguas residuales, comparando los valores de parámetros ambientales y métricas de macroinvertebrados del estudio llevado a cabo por Pizzolón y colaboradores (1997). En otros casos, como el de la cuenca del Esquel, no se observó recuperación en años posteriores a la construcción de la planta, aunque los factores pueden relacionarse con el sub-dimensionamiento de los módulos de la planta de tratamiento de efluentes domiciliarios. A la fecha se continúa con los estudios a escala de cuenca teniendo en cuenta las investigaciones realizadas en las últimas décadas. Recientemente, a través de los rasgos funcionales de las especies de la comunidad de macroinvertebrados, fue posible establecer un perfil de características resultante del disturbio proveniente de urbanizaciones. Los rasgos que caracterizarían sitios altamente deteriorados serían: ciclos de vida largos

(>1año), cuerpo altamente esclerotizado, ausencia de estadios aéreos y grupo funcional colector recolector (Brand y Miserendino, 2016).

La utilización de métricas e índices bióticos en evaluación de actividades mineras como la extracción y uso de carbón, se realizó en la cuenca de Río Gallegos (Provincia de Santa Cruz). Los resultados mostraron valoraciones desde aguas fuertemente contaminadas en cercanías de los centros poblados y contaminación probablemente incipiente para los sitios más alejados de las actividades urbanas e industriales (Asueta *et al.*, 2014; Asueta, 2017). Los organismos bentónicos indicadores de impacto fueron los oligoquetos y quironómidos, así como insectos de los taxones EPT. La utilización del índice biótico BMPS para la determinación de la calidad ambiental del recurso resultó apropiada. Sin embargo, aparentemente en estos ríos la comunidad bentónica sería naturalmente pobre, por lo que la utilización de sitios de referencia como contrastes es altamente recomendable (Asueta, 2017).

Los efectos de los incendios forestales sobre la comunidad bentónica de arroyos de montaña han sido estudiados por Williams (2016) en la región, quien encontró una disminución significativa en la proporción de individuos del grupo EPT (de 40-60% a menos de 15%) conjuntamente con un incremento del porcentaje de individuos pertenecientes a taxones no insectos (entre 35 y 65 %) en sitios afectados.

Un hecho que comienza a ser importante para la ecología de ambientes fluviales patagónicos es el ingreso de organismos acuáticos no nativos, que pueden resultar en invasiones. Tal es el caso de la diatomea *Didymosphenia geminata*, que fue introducida accidentalmente en ríos donde se practica la pesca deportiva. Más recientemente se detectó la presencia del gasterópodo *Physa acuta* (Brand y Assef, 2014), altamente tolerante a ambientes con contaminación orgánica. En el caso de la invasión de *D. geminata*, se ha comprobado que las floraciones de la diatomea crean un nuevo hábitat que reordena los elencos de especies. La estructura de la comunidad de macroinvertebrados, la proporción de individuos EPT y la composición de la trama trófica han sido los atributos más afectados por la presencia del alga. Por otra parte, el estudio de los efectos del incremento poblacional de *P. acuta* es aún incipiente y no se conocen las consecuencias sobre las comunidades acuáticas.

### Ambientes lénticos: Mallines

Las investigaciones que intentan establecer relaciones entre el ambiente y la calidad del agua de los mallines patagónicos son recientes (Perotti *et al.*, 2005). Sin embargo, en la última década se han desarrollado numerosos estudios que han intentado responder interrogantes similares a los que fueran planteados para ambientes lóticos,

y a su vez se han sumado algunos de interés particular para humedales. Una de las principales amenazas de estos ambientes es la ganadería, particularmente para las zonas áridas y semi-áridas de Patagonia. En ese sentido, Epele y Miserendino (2015) realizaron la evaluación de 88 métricas basadas en invertebrados acuáticos de columna de agua, muestreados en 30 mallines de la provincia del Chubut. Estos mallines estaban utilizados como sitios de pastura con distinto grado de disturbio (clasificado en: bajo, medio y alto). Luego de realizar una selección de las métricas, los autores llegaron a la conclusión de que la más apropiada fue el número de familias de insectos. Esto es, sitios con buenas condiciones de calidad del agua, tendrían mayor número de familias de insectos. Además esta calidad del agua estaría directamente determinada por el grado de disturbio de la zona aledaña al mallín, dado que los efectos de la ganadería producirían mayores valores en las concentraciones de nutrientes y sólidos en suspensión y conductividad (Epele *et al.*, 2018). El número de familias resultó una métrica muy prometedora, ya que es fácil de calcular (no hace falta demasiado entrenamiento taxonómico) y es sensible a los cambios en el estado de conservación de los mallines. Por otra parte, para 26 de estos sitios, se utilizó la comunidad de coleópteros como indicadora del estado de los mallines (Epele y Archangelsky, 2012). Los autores, determinaron que los taxones *Haliphus subseriatus*, *Gymnochthebius* sp., *Enochrus darwini* y *Cyphon* sp. podrían ser utilizados para determinar la calidad del agua de los mallines y su hidrología (conectados vs. aislados). Además, en un estudio temporal (con muestreos mensuales) de tres pequeños cuerpos de agua de un mallín de estepa patagónica del NO del Chubut (Epele y Miserendino, 2016), se reconoció al hidroperíodo (tiempo que permanece inundado un cuerpo de agua) como un elemento estructurante que debería ser tenido en cuenta a la hora de implementar estudios de bioindicación; y se determinó que la mejor época para realizar este tipo de estudios sería entre los meses de diciembre y enero.

El trabajo de Macchi (2017), se desarrolló en mallines (ubicados en las cercanías de San Carlos de Bariloche, Río Negro), utilizando los invertebrados acuáticos para evaluar diferencias entre bosque y estepa, y usos de la tierra (referencia, ganado y urbano). Este estudio comprendió dos períodos de muestreo e incluyó invertebrados del bentos (además de los de columna de agua). El autor destaca que los mallines de bosque serían naturalmente más diversos que los de estepa, pero que en ambos ambientes, tanto la riqueza taxonómica como la diversidad disminuirían en función de un aumento de los disturbios antrópicos. Además se destaca la utilización de 8 métricas que respondieron a los impactos producidos tanto por las urbanizaciones como por el ganado (por ej. riqueza taxonómica), disturbios que entre otros, disminuyen la complejidad estructural de los humedales mediante la alteración de las comunidades de

macrófitas. Asimismo, propone utilizar los invertebrados hallados en la columna de agua y no los del bentos ya que esta comunidad es menos diversificada.

Otros antecedentes son los trabajos de López (2015) y Manzo (2016), ambos desarrollados en Santa Cruz, el primero en la meseta del Lago Strobel y el segundo cubriendo el gradiente norte-sur de la provincia. López (2015) evaluó la comunidad de invertebrados en lagunas con y sin peces introducidos (trucha arcoiris, *Onchorhynchus mykiss*), sin embargo no encontró diferencias entre ambos ambientes destacando que serán necesarios futuros estudios que incluyan un mayor número de lagunas y así intentar establecer resultados más concluyentes. Por otra parte Manzo (2016), a partir del estudio de las comunidades de invertebrados de 15 mallines con poco impacto antrópico, reveló la presencia de ensamblajes que serían buenos indicadores de variabilidad morfométrica (por ej. superficie del cuerpo de agua) del gradiente de precipitación oeste-este y que su riqueza disminuiría desde el norte de la provincia hacia el sur de la misma.

### Indicadores a nivel de membrana celular

Una de las líneas de investigación más recientes responde al uso de indicadores a nivel de la membrana celular, dado que los organismos acuáticos poseen mecanismos o estrategias, a nivel celular, que permiten su desarrollo en ambientes contaminados. Uno de esos mecanismos de protección contra xenobióticos o contaminantes es el sistema MXR (Multixenobiótico resistencia). La exposición crónica a diferentes xenobióticos sustratos de estos transportadores, tanto en ambientes naturales o en el laboratorio, inducen la actividad MXR y la expresión de P-gp (P-glicoproteína) en los individuos y pueden explicar la resistencia a compuestos químicos presentes en aguas contaminadas. Por primera vez en ambientes acuáticos patagónicos Assef y colaboradores (2014a) lograron identificar y medir el funcionamiento de este mecanismo en el molusco de agua dulce *Physa acuta* proveniente de tramos post-urbanos del Arroyo Esquel (Pcia. del Chubut). Este sistema también fue identificado en especies de sanguijuelas (*Helobdella michaelsoni*, *H. simplex* y *Patagoniobdella variabilis*) sugiriendo su rol en la eliminación de sustancias tóxicas, por ejemplo aquellas provenientes de ambientes urbanos (Assef *et al.*, 2014b). Por otra parte, estos abordajes utilizando moluscos, macrófitas y peces, están siendo empleados en el testeado de contaminantes asociados a prácticas agropecuarias intensivas y urbanizaciones (Horak y Assef, 2017). También se está investigando la capacidad inhibitoria de fármacos (antibióticos) sobre el sistema de defensa MXR en organismos acuáticos, lo que alteraría su capacidad de detoxificación de otros contaminantes.

## Conclusiones

Si bien existen numerosos estudios que a través de distintos bioindicadores intentan evaluar de manera rápida y económica tanto la calidad del agua como la integridad ecológica de los ambientes dulceacuícolas de Patagonia, éstos han sido más frecuentes en arroyos y ríos cordilleranos, y sólo recientemente se han llevado a cabo en mallines. Se destacan los macroinvertebrados por presentar respuestas claras al disturbio y fuertes relaciones entre las métricas, índices bióticos y las variables ambientales. Las respuestas son consistentes cuando hay sitios de referencia en los contrastes, y aparecen útiles en secuencias de tiempo. Sin embargo no todos los trabajos se traducen en normas, propuestas o recomendaciones hacia los gestores o entes de decisión. Tampoco existen índices biológicos que hayan sido incorporados a la legislación ambiental vigente.

Como herramientas para la gestión de recursos acuáticos patagónicos proponemos en arroyos y ríos de cordillera y piedemonte utilizar el índice biótico BMPS y la riqueza EPT, los que darían una visión relativamente rápida de la calidad de agua, y si es posible recomendamos emplear el QBRp y el índice de valoración de hábitat para evaluar la integridad ecológica. El índice de riqueza de familias de insectos sería más apropiado para mallines. El desafío a futuro será generar una mayor cantidad espacios de interacción entre científicos y gestores.

## Bibliografía

- Assef, Y., C. Horak & M. Boquet. 2014a. Characterisation of the multixenobiotic resistance (MXR) mechanism in the freshwater snail *Physa acuta* from Patagonia (Argentina). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 48: 86-96.
- Assef, Y., M.L. Miserendino & C. Horak. 2014b. Assessing the responses to multixenobiotic in species of macroinvertebrates inhabiting a post-urban reach of the Esquel stream (Patagonia, Argentina). *Water, Air and Soil Pollution*, 225: 2164.
- Asueta, R.C. 2017. *Análisis y caracterización de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca superior del río Gallegos - Santa Cruz. Su aplicación para la evaluación de la calidad ambiental de un recurso hídrico afectado por la extracción y uso del carbón para la generación de energía* (Tesis de Magister Manejo y Gestión de Recursos Naturales en Patagonia). Universidad Patagonia Austral.
- Asueta, R., A. Súnico, J. Vallejos, J. Martín, G. Guglielminetti y P. Aguas. 2014. Aplicación de índices bióticos basados en macroinvertebrados bentónicos en la cuenca superior del río Gallegos (Patagonia Austral, Argentina). XXVI Reunión Argentina de Ecología.
- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder & J.B. Stribling. 1999. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.
- Brand, C. y Y. Assef. 2014. Registro de poblaciones establecidas de la especie *Physa acuta* en tramos post urbanos del Arroyo Esquel (Chubut, Argentina): ¿una nueva invasión? XXVI Reunión Argentina de Ecología.
- Brand, C. & M.L. Miserendino. 2011. Characterizing Trichoptera trophic structure in rivers under contrasting land use in Patagonia, Argentina. In: Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Symposium on Trichoptera. K. Majecka, J. Majecki & J. Morse (Eds). *Zoosymposia*, 5: 29-40. ISSN 1178-9905.
- Brand, C. & M.L. Miserendino. 2015. Testing the performance of macroinvertebrate metrics as indicators of changes in biodiversity after pasture conversion in Patagonian mountain streams. *Water Air and Soil Pollution*, 226: 370.
- Brand, C. y M.L. Miserendino. 2016. Rasgos ecológicos de comunidades de macroinvertebrados sometidas a disturbios urbanos en Patagonia. *Acta Zoológica Lilloana*. VII Congreso Argentino de Limnología, 60: 17.
- Epele, L.B. & M. Archangelsky. 2012. Spatial variation of water beetle communities in arid and semi-arid Patagonian wetlands and their value as environmental indicators. *Zoological Studies*, 51: 1418-1431.

- Epele, L.B. & M.L. Miserendino. 2015. Environmental Quality and aquatic invertebrate metrics relationships at Patagonian wetlands subjected to livestock grazing pressures. *PLoS ONE*, 10(10): e0137873.
- Epele, L.B. & M.L. Miserendino. 2016. Temporal dynamic of invertebrate and aquatic plant communities at three intermittent ponds in livestock grazed Patagonian wetlands. *Journal of Natural History*, 50 (11-12): 711-730.
- Epele, L.B., L.M. Manzo, M. Grech, P. Macchi, A.Ñ. Claverie, L. Lagomarsino & M.L. Miserendino. 2018. Disentangling natural and anthropogenic influences on Patagonian pond water quality. *Science of the Total Environment*, 613-614: 866-876.
- Horak C.N. & Y.A. Assef. 2017. Influence of water temperature on the MXR activity and P-glycoprotein expression in the freshwater snail, *Physa acuta* (Draparnaud, 1805). *Zoological studies*, 56: 27.
- Kutschker, A., C. Brand y M.L. Miserendino. 2009. Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Ecología Austral*, 19: 19-34.
- Kutschker, A., L. Epele & M.L. Miserendino. 2014. Aquatic plant biodiversity and environmental relationships in grazed northwest Patagonian wetlands, Argentina. *Ecological Engineering*, 64: 37-48.
- Kutschker A., G. Papazian y M.L. Miserendino. 2013. Índices de valoración del hábitat y calidad de bosques de ribera como herramientas en la restauración del Río Percy, Patagonia Argentina. III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica, II Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y III Simposio Nacional de Restauración Ecológica. 29-31 agosto, Bogotá, Colombia.
- López, M.E. 2015. *Estructura de las comunidades pleustónicas de macroinvertebrados en lagunas de la Patagonia extra-andina (Provincia de Santa Cruz) con y sin introducción de peces* (Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires.
- Macchi, P.A. 2007. *Calidad del agua en ecosistemas fluviales utilizando macroinvertebrados bentónicos. Cuenca del Arroyo Pocahullo, San Martín de los Andes* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional del Comahue. Neuquén.
- Macchi, P.A. 2008. Degradación de la calidad del agua del arroyo Durán. I Jornadas de Ciencias Naturales en la Patagonia. *Biodiversidad y Conservación*, 119.
- 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.
- Macchi, P.A., C. Dufillo y M. Rodilla. 2006. *Aplicación de índices bióticos de macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad del agua de la cuenca del arroyo Pocahullo*. XXII Reunión Argentina de Ecología, p. 171.
- Manzo, L.M. 2016. *Correspondencia entre los ensambles de invertebrados acuáticos de mallines aislados de Santa Cruz y las clasificaciones del paisaje: Implicancias para la conservación* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de la Patagonia "SJB". Facultad de Ciencias Naturales.
- Macchi, P., R. Palma y B. Kohlmann. 2016. Biomonitoring como herramienta estandarizada para la evaluación de los efectos de uso de plaguicidas en cuencas agrícolas. FAO. Regional Conference for Latin America and the Caribbean. FAO-IAEA. México.
- Masi, C. y M.L. Miserendino. 2009. Usos de la tierra y distribución de la materia orgánica particulada béntica en ríos de cordillera Patagónica (Chubut, Argentina). *Ecología austral*, 19: 185-196.
- Mauad, M. 2013. *Comparación y aplicabilidad de índices bióticos para evaluar calidad de aguas en ambientes lóticos del Parque Nacional Nahuel Huapi* (Tesis de Doctorado). Ciencias Naturales Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.
- Mauad, M., M.L. Miserendino, M.A. Rizzo & J. Massafarro. 2015. Assessing the performance and the inter-annual variation of macroinvertebrate metrics in the Chahuaco-Ñireco System (Northern Patagonia, Argentina). *Iheringia, Série Zoologia*, 105(3): 348-358.
- Miserendino, M.L. 1995. Composición y distribución del macrozoobentos en un arroyo andino. *Ecología Austral*, 5: 133-142.
- Miserendino, M.L. 2005. *Guía de campo. Índice de valoración de hábitat para ríos de montaña*. López Bernal, P. y J. Bava (Eds.). CIEFAP. GTZ. DGBYP. UNPSJB.
- Miserendino, M.L. 2007. Macroinvertebrate functional organization and water quality in a large arid river from Patagonia (Argentina). *Annales of Limnology*, 43(3): 133-145.
- Miserendino, M.L. 2009. Effects of flow regulation, basin characteristics and land-use on macroinvertebrate communities in a large arid Patagonian river. *Biodiversity & Conservation*, 8 (7): 1921-1943.
- Miserendino, M.L. & L.A. Pizzolón. 1999. Rapid assessment of river water quality using macroinvertebrates: a family level biotic index for the Patagonic Andean zone. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 11(2): 137-148.
- Miserendino, M.L. & L.A. Pizzolón. 2003. Distribution of macroinvertebrate assemblages in the Azul-Quemquemtreu river basin, Patagonia, Argentina. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 37 (3): 525-539.

Miserendino, M.L., C. Brand & C.Y. Di Prinzio. 2008. Assessing urban impacts on water quality, benthic communities and fish in streams of the Andes Mountains, Patagonia (Argentina). *Water Air and Soil Pollution*, 194: 91-110.

Miserendino, M.L. & C. Brand. 2009. Environmental effects of urbanization on streams and rivers in Patagonia (Argentina): the use of macroinvertebrates in monitoring. In: *Justin Daniels (Ed). Advances in Environmental Research Volume 6. Chapter 5*. NOVA. New York. 183-220 pp. ISBN: 978-1-61728-163-1.

Miserendino, M.L., R. Casaux, M. Archangelsky, C.Y. Di Prinzio, C. Brand & A.M. Kutschker. 2011. Assessing land-use effects on water quality, in-stream habitat, riparian ecosystems and biodiversity in Patagonian northwest streams. *Science of the Total Environment*, 409: 572-584.

Miserendino, M.L., A.M. Kutschker, C. Brand, L. La Manna, C.Y. Di Prinzio, G. Papazian & J. Bava. 2016. Ecological status of a Patagonian mountain river: usefulness of environmental and biotic metrics for rehabilitation assessment. *Environmental Management*, 57 (6): 1166-87.

Munné, A., N. Prat, C. Solá, N. Bonada & M. Rieradevall. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13(2): 147-163.

Papazian, G., A.M. Kutschker y M. L. Miserendino. 2013. ¿Dónde Comenzar la Restauración Ecológica de las Riberas del Río Percy, Chubut, Patagonia Argentina? III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica, II Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y III Simposio Nacional de Restauración Ecológica. 29-31 agosto, Bogotá, Colombia.

Perotti, M.G., M.C. Diéguez y F. Jara. 2005. Estado del conocimiento de humedales del norte patagónico (Argentina): aspectos relevantes e importancia para la conservación de la biodiversidad regional. *Revista Chilena de Historia Natural*, 78: 723-737.

Pizzolón, L., M.L. Miserendino y L. Arias. 1997. Impacto de las descargas cloacales de Cholila sobre el arroyo Las Minas. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, 31: 56-58.

Pizzolón, L. & M.L. Miserendino. 2001. The performance of two regional biotic indices for running water quality in Northern Patagonian Andes. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 13(1): 11-27.

Thomas, L.K. & I. Leyer. 2014. Age structure, growth performance and composition of native and invasive Salicaceae in Patagonia. *Plant Ecol*. doi: 10.1007/s11258-014-0362-7

Williams, E.A. 2016. *Efecto de los incendios forestales en la calidad del agua y las comunidades bentónicas de arroyos de bajo orden en el Parque Nacional Los Alerces* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de la Patagonia "SJB". Facultad de Ciencias Naturales.

