

Evaluación de calidad de agua mediante el estudio de macroinvertebrados.

Dra. Melina Mauad

Instituto de Limnología "Dr. Raúl A. Ringuelet" (UNLP, CONICET), La Plata
melinam@ilpla.edu.ar

Resumen

Los crecientes problemas de degradación ambiental que mundialmente afectan a los ecosistemas acuáticos han llevado a la necesidad de monitorear la calidad del agua de los mismos y una de las maneras más prácticas y a la vez más eficientes, es el monitoreo biológico utilizando los macroinvertebrados bentónicos.

El objetivo general de este trabajo fue la aplicación de distintos índices bióticos en tres sistemas de ríos y tributarios dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi (PNNH) que presentaron diferentes disturbios antrópicos: sistema Challhuaco-Ñireco, sistema Catedral-Gutiérrez y sistema Manso Inferior-Villegas. Los resultados obtenidos a partir de los análisis físico-químicos del agua, del análisis taxonómico de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, de la aplicación y la comparación de los diferentes índices bióticos y del análisis estadístico aplicado, permitieron realizar una evaluación de la calidad de las aguas en dichos sistemas acuáticos y una comparación de los diversos índices considerados, pudiendo indicar cuál es el más apropiado para aplicar en la zona de estudio y para realizar futuros biomonitoreos en otros sistemas lóticos de Patagonia Norte.



Contribución al Parque Nacional Nahuel Huapi

Increasing problems of environmental degradation affect the aquatic ecosystems, and they have led to the necessity of a monitoring of the biological quality of water. One of the most accurate ways to carry out this quality assessment is from using biological monitoring.

The primary aim of this study was the application of different biotic indexes in three rivers and tributary systems, which belong to the Nahuel Huapi National Park and present different anthropic disturbances: system Challhuaco-Ñireco, system Catedral-Gutiérrez and system Manso Inferior-Villegas. The achieved results from the analysis of physico-chemical parameters, the applicability of the biotic indexes and the statistical multivariate analysis, provide an evaluation of the quality of water in these aquatic systems and the comparison of the different indexes will indicate which one would be the most appropriate to apply in the area of study.

Abstract

En particular, este estudio aporta información sobre el estado de los cursos de agua dentro del PNNH y a su vez permite detectar y cuantificar los efectos producidos por disturbios antrópicos y ambientales medidos a través del análisis de los macroinvertebrados acuáticos. Por todo lo expuesto en este trabajo, se remarca la importancia en la utilización de los índices BMPS, RT y EPTtaxa para la realización de biomonitoreos, ya que el bajo costo de la utilización de estos métodos, la rapidez de su aplicación y la fiabilidad que poseen, hace que estas métricas sean adecuadas para la determinación del estado de los cursos de agua y para la vigilancia rutinaria de las cuencas fluviales dentro del Parque. Se puede sugerir la utilización de mapas de calidad para realizar biomonitoreos, y de esta manera poder comunicar y hacer visibles en una forma clara los resultados con un costo mínimo de los recursos. Con los mencionados mapas y los puntos conflictivos determinados por los índices biológicos se pueden realizar, posteriormente, los análisis físico-químicos que correspondan para conocer exactamente las fuentes de contaminación, cuánto y qué producto es el contaminante que los macroinvertebrados a través de los métricos permitieron visibilizar, y luego implementar medidas de mitigación apropiadas. Posteriores bioevaluaciones servirán para evaluar la efectividad de las medidas de control tomadas y para documentar la recuperación ambiental.

Introducción

La Patagonia andina históricamente fue protegida de la contaminación antropogénica debido a su lejanía, acceso dificultoso, su baja densidad poblacional y principalmente a la existencia de numerosos Parques Nacionales y otras áreas protegidas. Sin embargo, la población se ha incrementado produciendo alteraciones de distinto grado relacionadas con las prácticas agrícolas y ganaderas, con el aprovechamiento forestal, con la construcción de represas hidroeléctricas, con la canalización de cursos de aguas, entre otras. Dichos cambios han aumentado en las últimas décadas el riesgo de contaminación sobre los distintos recursos hídricos, por lo tanto, monitorear los ambientes acuáticos permitiría evaluar la existencia de cambios en la calidad de agua de los mismos. Es importante remarcar que la evaluación biológica utilizando a los macroinvertebrados bentónicos tiene una gran ventaja sobre los métodos químicos. Los indicadores funcionan como integradores reflejando el estado de un cuerpo de agua durante un período de tiempo prolongado, ya que dichos organismos poseen ciclos de vida que varían entre menos de un mes hasta más de un año, por lo que pueden indicar alteraciones a mediano y largo plazo. En cambio, los métodos químicos, si bien son más exactos, poseen la desventaja de que solamente dan información instantánea de un evento puntual en un momento determinado. Los índi-

ces bióticos son herramientas útiles para evaluar la calidad del agua, se basan principalmente en la abundancia y diversidad de grupos de macroinvertebrados acuáticos. Podemos encontrar numerosos estudios que demuestran que la descarga de efluentes en los sistemas lóticos (ríos y arroyos) puede producir cambios de variada importancia en la composición de las comunidades acuáticas. Estos cambios involucran el reemplazo de especies, es decir la desaparición o disminución de grupos que no son capaces de sobrevivir bajo condiciones de deterioro ambiental, y son reemplazados por otros grupos nuevos, que pueden persistir y que se benefician con la situación aumentando considerablemente su densidad poblacional. Existen distintas medidas para evaluar la calidad del agua mediante los organismos presentes en ella. Se pueden analizar métricas muy útiles, como por ejemplo la riqueza taxonómica o número de especies (RT), la diversidad interpretada como una combinación entre el número de especies y su abundancia relativa (índice de Shannon), la uniformidad en la distribución de los individuos entre las especies (índice de Dominancia de Simpson) y la abundancia de los organismos presentes en la muestra (DTI). Por ejemplo, en arroyos no disturbados muchas especies se presentan en pequeño número y por el contrario, en arroyos disturbados ocurren pocas especies y algunas de ellas (las más tolerantes) suelen ser muy abundantes. También se pueden utilizar los índices de diversidad alfa que consideran tres componentes de la comunidad, que son la riqueza, la uniformidad y la abundancia. Generalmente la comunidad natural sin perturbación presenta una gran diversidad de especies, uniformidad en la distribución y moderado a alto número de individuos por especie. Por el contrario en un ambiente perturbado la comunidad responde con una disminución en la diversidad, un incremento en la abundancia de los organismos tolerantes y naturalmente una disminución en la uniformidad de las especies. Por último, existen los bioíndices que se basan en la abundancia y diversidad de grupos de macroinvertebrados acuáticos, y se suelen expresar en forma de un valor numérico único que sintetiza las características de todas las especies presentes. Actualmente existen diversos tipos de bioíndices para evaluar la calidad del agua, la mayor parte de estos índices fueron desarrollados en el hemisferio norte y debido a las diferencias biogeográficas en Argentina se han desarrollado otros bioíndices que son adecuaciones de los originales para poder ser aplicados en cada región. Particularmente en ríos y arroyos patagónicos, se utiliza el BMPS (Biotic Monitoring Patagonian Streams) desarrollado por Miserendino y Pizzolón en 1999, que es una variación del BMWP (Biological Monitoring Working Party) desarrollado previamente en Inglaterra por Armitage y sus colaboradores

en 1983. El BMPS es un método cualitativo simple y rápido, que requiere una identificación a nivel de familia, y asigna a dichas familias valores de tolerancia comprendidos entre 1 (familias muy tolerantes) y 10 (familias intolerantes) (Fig. 2). La suma de los valores obtenidos para cada familia detectada en un sitio de muestreo dará el grado de contaminación del punto de estudio. Cuanto mayor es el puntaje final menor es el grado de contaminación. Finalmente, tras la suma de los valores correspondientes a cada una de las familias presentes se obtiene la calidad del agua, que se puede encuadrar en una de las 5 categorías propuestas: clase I clasificado como aguas limpias ($\text{BMPS} \geq 101$), clase II clasificado como aguas con algún tipo de perturbación ($\text{BMPS} = 61-100$), clase III clasificado como aguas con probable contaminación ($\text{BMPS} = 36-60$), clase IV clasificado como aguas contaminadas ($\text{BMPS} = 16-35$) y finalmente clase V clasificado como aguas fuertemente contaminadas ($\text{BMPS} \leq 15$).

Diseño muestral

En el presente trabajo se definieron tres sistemas de ríos y tributarios dentro del PNNH que presentan diferentes disturbios antrópicos: el sistema A correspondiente a la cuenca del arroyo Challhuaco-Ñireco, el sistema B que comprende el complejo cerro Catedral-lago Gutiérrez y por último el sistema C correspondiente al río Manso Inferior-Villegas (Fig.1). En el sistema Challhuaco-Ñireco se muestrearon siete sitios, sitios I, II y III sobre el arroyo Challhuaco, y los sitios IV, V, VI y VII sobre el río Ñireco. Este sistema se caracteriza por ser un ambiente con un gradiente trófico importante desde sus nacientes hasta la desembocadura (de menor a mayor productividad) ya que atraviesa el ejido municipal de la ciudad de Bariloche y por lo tanto recibe sobre su cuenca todo el impacto de origen antrópico de la región (principalmente los sitios V, VI y VII). En el sistema Catedral-Gutiérrez se muestrearon seis sitios, el sitio I sobre el arroyo La Menta, los sitios II y III sobre el arroyo Pescadero y los sitios IV, V y VI sobre el arroyo Gutiérrez. Este sistema lótico es muy importante, porque los arroyos que descien-

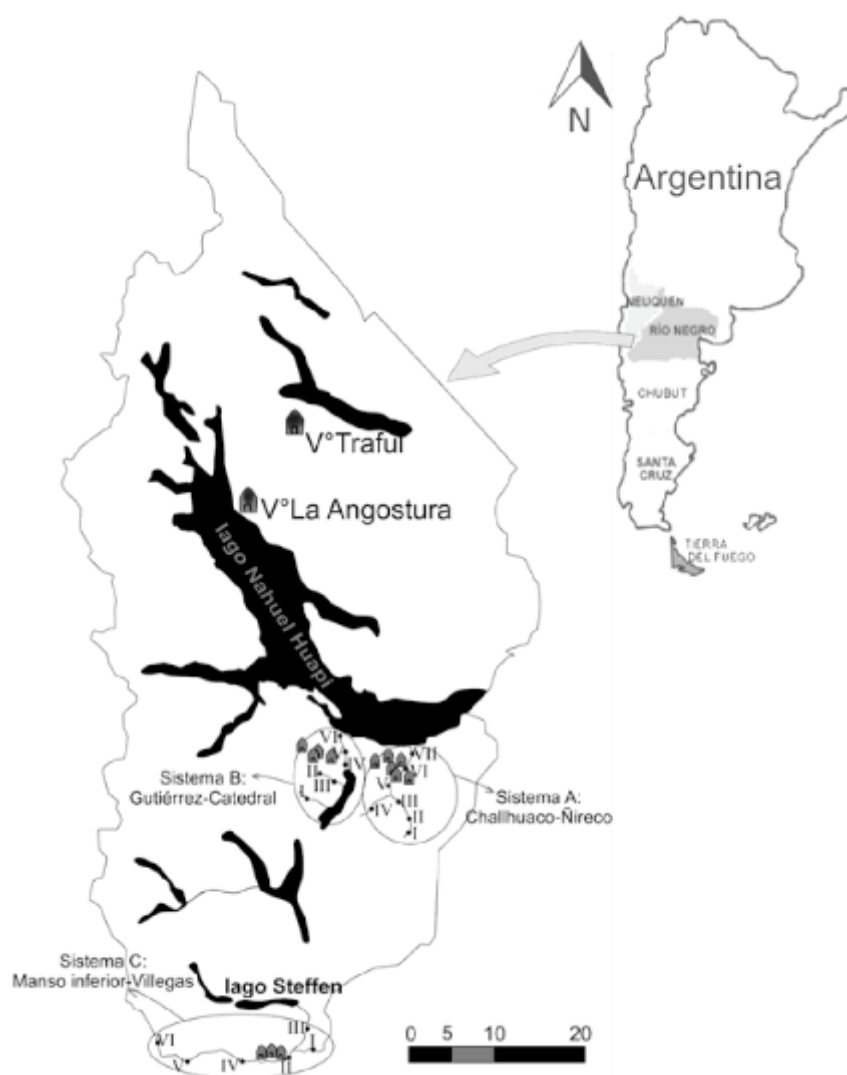


Figura 1: Ubicación de los tres sistemas de ríos/arroyos del estudio dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi.

den por el cerro transportan los vertidos de la población permanente que se encuentra en la Villa Catedral (particularmente el sitio III). Por último en el sistema Manso inferior-Villegas que se encuentra formando el límite sur del PNNH, se muestrearon seis sitios, los sitios I y II sobre el río Villegas, el sitio III sobre la salida del lago Steffen y sitios IV, V y VI sobre el río Manso Inferior. Este sistema está siendo modificado por los relativamente recientes asentamientos urbanos locales y las actividades recreativas turísticas que allí se realizan (en particular los sitios II y III). Para el desarrollo de este estudio se realizaron cuatro muestreos, dos fueron ejecutados en primavera tardía y dos en verano a lo largo de tres años consecutivos (2009-2011). Los sitios en cada sistema se ubicaron en zonas pre-impacto, impacto y post-impacto. Los muestreos consistieron en la toma de muestras de agua para análisis químicos de rutina (amonio, nitritos, nitratos y fósforo reactivo soluble) y se midieron, in situ, variables físico-químicas del agua como la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto, el porcentaje de saturación del oxígeno, la salinidad, la conductividad y el total de sólidos disueltos. Para los macroinvertebrados, en cada estación, se realizaron muestreos cuantitativos con red Surber (tres réplicas por sitio) y el material colectado se preservó en alcohol al 70% para luego ser procesado en el laboratorio y realizar su posterior conteo y determinación de los distintos grupos (familia, género y en algunos casos especie) utilizando diferentes guías taxonómicas actualizadas. Luego de determinar los grupos taxonómicos presentes en cada sitio, se analizaron distintas métricas, como la abundancia relativa de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera, Diptera, Chironomidae y Annelida, y la contribución de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera tanto en composición (EPTtaxa) como abundancia (%EPT). Además se calculó la riqueza taxonómica (RT), la densidad total de individuos ($DTI = ind/m^2$), el índice de diversidad de Shannon y el índice de Dominancia de Simpson y el bioíndice BMPS. Finalmente se evaluó la calidad del agua a partir de los mencionados índices y los mismos fueron comparados entre sí a través de análisis estadísticos, con el objetivo de determinar cuáles resultan más adecuados para evaluar la calidad del agua.

Resultados

Los tres sistemas de ríos se caracterizaron por ser ríos típicos de alta montaña, con aguas frías de origen glaciar, bien oxigenadas, pH neutro y sustrato rocoso; caracterizados por poseer una sucesión de rápidos, correderas y pozones desde sus cabeceras hasta la desembocadura.

En relación a las concentraciones de nutrientes encontrados (principalmente nitratos, amonio y fósforo) se pudo observar un deterioro de la calidad del agua en los sitios previamente considerados como problemáticos, particularmente en la desembocadura del río Ñireco en el lago Nahuel Huapi (sitio VII del sistema Challhuaco-Ñireco).

Con respecto a los macroinvertebrados que predominaron en los tres sistemas lóticos, se puede observar una estrecha relación de los mismos al tipo de hábitat donde fueron hallados, constituido por un sustrato firme compuesto por bloque, guijón o guijarro, con flujo de agua mayormente turbulento lo que genera estabilidad para el desarrollo de la fauna bentónica. Predominaron los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera y Diptera, siendo los dos últimos, los grupos más dominantes en términos de riqueza y abundancia. Por otro lado, de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de la taxocenosis se pudo determinar que los sitios de cabeceras de los tres sistemas lóticos gozan de buena calidad biológica y generalmente en las desembocaduras la calidad de la misma se ve disminuida. En la tabla 1 se puede observar que los altos porcentajes de los órdenes Plecoptera, Ephemeroptera y Trichoptera en la parte alta de los sistemas, estarían indicando que estos taxones no toleran las condiciones que ofrece la parte media y baja donde generalmente se encuentran los asentamientos urbanos. En las zonas más bajas se

hace importante la presencia de los grupos de los taxones más tolerantes a los vertidos de efluentes domésticos (por ejemplo, Annelida y Chironomidae) como sucede en los sitios cercanos a la desembocadura del río Ñireco (sitios VI y VII del sistema Challhuaco-Ñireco), en los sitios muestreados en el arroyo Gutiérrez (sitios IV y V del sistema Catedral-Gutiérrez) y en el arroyo Steffen (sitio III del sistema Villegas-Manso Inferior). En relación a los bioíndices, el BMPS resultó ser el índice más adecuado para medir el disturbio en los tres sistemas y en particular en la cuenca del río Ñireco, donde el BMPS varió de 124 para el sitio ubicado en cabecera del arroyo Challhuaco (sitio I) a 37 para la desembocadura (sitio VII) (tabla 1), clasificando dicho sitio como aguas disturbadas. Por otro lado, el sitio VII obtuvo los valores más bajos de riqueza y diversidad de todo el estudio con tan sólo 6 taxones, 0,2 bits del índice de Shannon y 0,9 bits del índice de dominancia de Simpson (tabla 1) denotando ser comunidades poco diversas y muy homogéneas, es decir que se caracterizan por presentar un bajo número de especies con una cantidad similar de individuos para cada una. Además, los valores de EPTtaxa

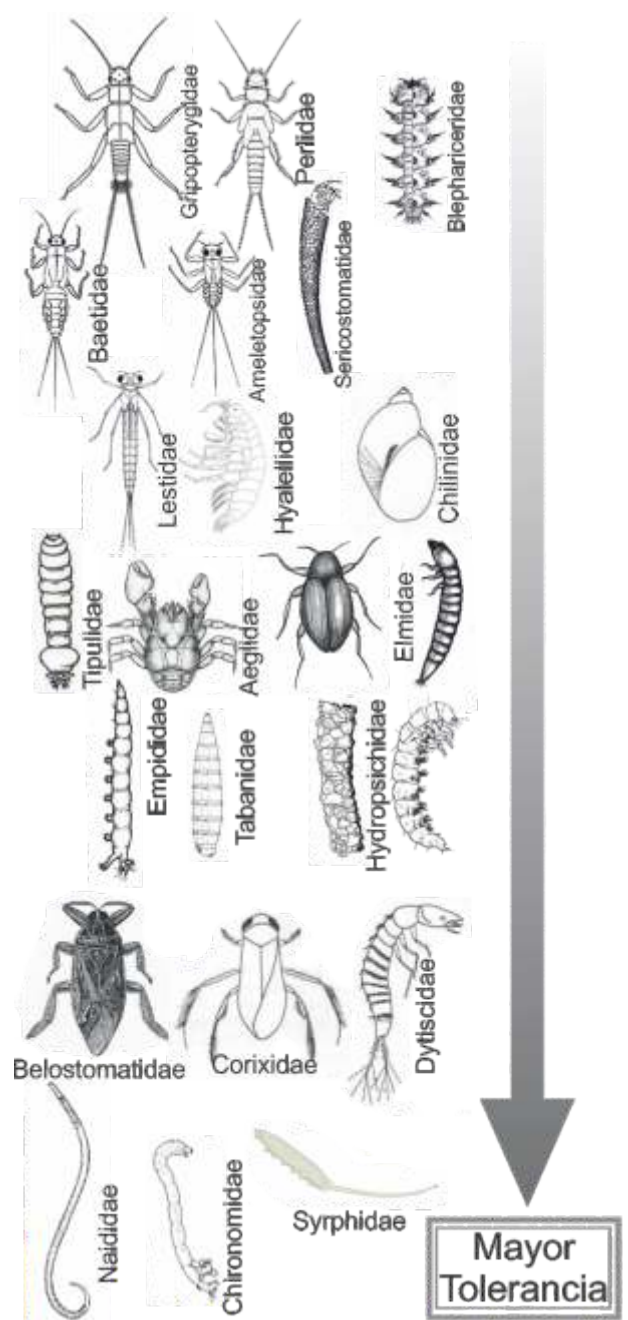


Figura 2: Ejemplos de algunas familias de macroinvertebrados acuáticos y su tolerancia creciente al disturbio orgánico, basado en la tabla de puntuación de BMPS (Misrendino & Pizzolón, 1999)

		RT	BMPS	%EPT	%Chiro	%Ple	%Eph	%Tri	%Col	%Dip	%Ane	H	D	EPTtaxa	DTI
SISTEMA CHALLHUACO-ÑIRECO (A)	I	20	123.8	41	21	16	19	5	9	48	2	2.45	0.12	11.75	1548
	II	19	124.0	43	30	18	22	3	6	50	1	2.38	0.15	12.25	2681
	III	11	73.8	48	37	20	27	1	0	49	2	1.77	0.26	8.50	1318
	IV	9	86.3	41	39	18	22	1	1	57	1	2.02	0.21	8.25	1190
	V	11	86.5	34	43	18	15	1	0	65	0	1.87	0.26	9.00	1410
	VI	11	68.3	49	36	27	21	1	0	51	1	1.75	0.27	8.50	1576
	VII	6	37.5	2	95	1	1	0	0	96	2	0.29	0.90	3.00	2291
SISTEMA CATEDRAL-GUTIERREZ (B)	I	21	103.5	43	18	12	29	3	4	51	0	2	0.22	10.25	985
	II	12	57.0	39	37	32	3	4	0	61	0	1.43	0.39	5.00	597
	III	13	61.3	25	62	21	2	2	2	73	1	1.52	0.39	5.00	555
	IV	9	42.5	58	8	21	35	2	0	35	7	1.63	0.27	3.50	286
	V	11	42.5	24	27	5	18	1	1	43	10	1.52	0.36	4.25	410
	VI	17	67.8	19	68	10	6	3	2	72	5	1.54	0.42	7.25	1184
SISTEMA MANSO INF.-VILLE GAS (C)	I	15	75.0	58	32	10	43	5	2	39	0	1.84	0.23	8.25	760
	II	13	63.0	65	23	8	47	9	1	35	0	1.89	0.24	6.75	794
	III	17	64.3	29	7	1	8	21	2	68	0	1.06	0.60	8.00	5894
	IV	17	84.5	66	19	8	47	11	11	24	0	1.94	0.22	10.50	794
	V	16	64.5	64	25	6	53	5	7	28	0	1.05	0.36	9.00	818
	VI	26	106.3	58	21	11	37	9	3	37	0	2.25	0.18	14.25	988

Tabla 1: Tabla de métricas e índices de los tres sistemas estudiados. Valores medios (n=4) de las medidas de riqueza de taxa (RT), Biological Monitoring Patagonian Stream (BMPS), valores medios de los porcentajes de las abundancias relativas de EPT (%EPT), Chironomidae (%Chiro), Plecoptera (%Ple), Ephemeroptera (%Eph), Trichoptera (%Tri), Coleoptera (%Col), Diptera (%Dip), Annelida (%Ane), diversidad de Shannon (H), EPT taxa, dominancia de Simpson (D) y densidad total de individuos (DTI=ind/m²).

reflejaron una disminución de los taxones sensibles, se hallaron la mitad de taxones que en la cabecera (tabla 1). Mediante un análisis estadístico se pudo determinar que la aplicación del índice BMPS junto con el análisis de las métricas, RT, EPT taxa y abundancia relativa de Ephemeroptera (%Eph) fueron las variables más significativas para realizar una evaluación de la calidad del agua. A través del análisis estadístico se obtuvo que los sitios de cabecera de los tres sistemas (IA, IIA, IB y IVC) fueron los sitios con mejor calidad caracterizados por un alto BMPS, RT y EPTtaxa, denotando la pureza de las zonas altas de los sistemas estudiados; mientras que los sitios que fueron considerados previamente como disturbados (VIA, VIIA, IIB, IVB, VB y VIB) se correlacionaron con bajos valores de las mismas reflejando la baja calidad del agua. En conclusión, el análisis estadístico arrojó que los mejores índices para evaluar la calidad de los cursos de agua son el BMPS, el RT y el EPT taxa ya que dichas variables fueron significativas en las dos campañas, revelando el valor predictivo de las mismas año tras año y reflejan la relevancia de los estudios cualitativos, ya que de las 14 variables ingresadas en el análisis las 3 variables que fueron significativas son métricas que se pueden analizar mediante estudios cualitativos.

Agradecimientos

Quisiera agradecer en primer lugar a la Dra. Flavia Quintana la invitación para la publicación de este artículo. Agradezco también a la Delegación Regional Patagonia y al Parque Nacional Nahuel Huapi de la Administración de Parques Nacionales, en especial a la Lic. Susana Seijas por la gestión de permisos y transporte para la realización de los muestreos. Este trabajo forma parte de mi tesis doctoral titulada "Aplicabilidad y comparación de bioíndices para la evaluación de sistemas lóticos del Parque Nacional Nahuel Huapi", defendida y aprobada en marzo del 2013 en la facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata.

Bibliografía

Armitage, P.D.; D. Moss; J. F. Wright & M. T. Furse, M.T. 1983. The performance of new biological water quality score system based

on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Res.* 17:333-347.
Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía, Almería. 2: 203-213.
Domínguez, E. & H. R. Fernández. 2009. Macroinvertebrados bentónicos. Sistemática y biología. 1ª ed. Fundación Miguel Lillo, Tucumán. 656 p.
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 Brasiliensia* 11:137-148.
Merritt, R. W. & K.W. Cummins. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall-Hunt Publ. Co., Dubuque. 862 pp.

Glosario de términos

Diversidad alfa: se refiere al número de especies que se encuentran en una comunidad que se considera homogénea.
Taxocenosis: parte de la comunidad que se define por su pertenencia a determinado grupo taxonómico



Lugar de trabajo: Instituto de Limnología "Dr. Raúl A. Ringuelet" (ILPLA). Desarrollé mi tesis doctoral en la facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata. Desde mis inicios me interesé en los insectos acuáticos y su valor como bioindicadores. Actualmente me encuentro trabajando en la sistemática y taxonomía de una familia de dípteros en particular llamados quironómidos. Asimismo, desarrollo tareas vinculadas al estudio de estos particulares insectos como bioindicadores de cambio climático y eventos geológicos en sedimentos