

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS EN UN RECURSO HÍDRICO AFECTADO POR LA MINERÍA DEL CARBÓN. CUENCA SUPERIOR DEL RÍO GALLEGOS – SANTA CRUZ.

ASUETA, RENE.¹; SÚNICO, ALEJANDRO.¹; MARTIN, JUAN P.² Y SIERPE, CAROLINA.¹

1: ICASUR, Unidad Académica Río Gallegos, Universidad Nacional de Patagonia Austral.
reneasueta@hotmail.com. Lisandro de la Torre 1070. Río Gallegos. Santa Cruz. CP 9400.

2: ICASUR, Unidad Académica San Julián, Universidad Nacional de Patagonia.
martin_jpablo@yahoo.com.ar. Colon y Sargento Cabral. San Julián. Santa Cruz. CP 9310

Resumen. *La Cuenca Carbonífera, ubicada al suroeste de la provincia de Santa Cruz, Argentina, conforma la cabecera de la cuenca del río Gallegos, principal curso de agua del sur de la provincia. En ella se desarrolla la extracción de carbón, su principal actividad productiva. Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y su variación respecto de las actividades humanas fueron estudiadas en distintas regiones geográficas, no obstante, en el área de estudio no se registraban trabajos relacionados. Se caracterizó la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y se aplicaron diferentes índices bióticos para evaluar la calidad ambiental del recurso hídrico. Se detectó un incremento en valores de diferentes parámetros fisicoquímicos del agua en el sitio más cercano a la actividad minera. Las modificaciones en la comunidad de macroinvertebrados se asociaron a estas variaciones. Oligoquetos e insectos Chironómidaes dominaron en sitios con pobres condiciones ambientales, insectos Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera se encontraron asociados a sitios con mejor calidad ambiental. El índice BMPS mostró mayor sensibilidad para la determinación de la calidad ambiental del recurso hídrico en el área de estudio. La calidad del agua, varió entre fuertemente contaminada alrededor de los centros poblados y la mina, y contaminación incipiente en sitios más alejados de estas actividades.*

Palabras clave: Ambiental. Minería. Macroinvertebrados. Patagonia. Ecotoxicología.

1. INTRODUCCIÓN

La cuenca hidrográfica del río Gallegos se ubica al sur oeste ($51^{\circ}32'08''$ S - $72^{\circ}20'08''$ O) de la provincia de Santa Cruz, Argentina (Figura 1). Se localiza en el Departamento de Güer Aike e incluye las localidades de Río Turbio y 28 de Noviembre y los parajes de Julia Dufour, Turbio Viejo y Rospentek. Tiene una extensión de 300 km y abarca alrededor de 8400 km² [1]. Se origina a partir de los arroyos Santa Flavia y San José, y los ríos Turbio, Penitentes y Rubens. La confluencia de estos ríos conforman el río Gallegos, en cuya desembocadura se asienta la ciudad homónima, capital de la Provincia de Santa Cruz.

Los arroyos Santa Flavia y San José atraviesan el ejido urbano de la localidad de Río Turbio, motivo por el cual se hallan fuertemente disturbados, ya sea por modificaciones realizadas a sus cauces (la intervención más notoria la constituye el embalse San José) o por el aporte de efluentes urbanos e industriales [2] [3] [4] [5] y/o de material estéril proveniente de la minería del carbón. Estos arroyos surcan el sector donde se depositaron los estériles de la mina y

aportan sus aguas al río Turbio. En el paraje Julia Dufour, el río fue desviado y reencauzado para construir una nueva usina termoeléctrica y aguas abajo cruza el casco de la localidad de 28 de Noviembre. Es allí donde se registran nuevos aportes de efluentes provenientes de pluviales y cloacas. Recorre alrededor de 120 km antes de confluir con el río Gallegos, del cual se abastece de agua potable la ciudad homónima.

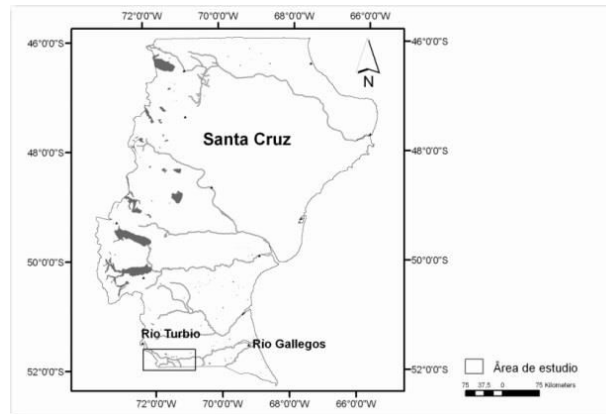


Figura 1: Ubicación del área de estudio respecto de la Provincia de Santa Cruz.

La actividad minera en la denominada Cuenca Carbonífera se desarrolla desde el año 1943. En su origen, se constituyó como una empresa estatal con el principal objetivo de abastecer las centrales termoeléctricas de Argentina. En la década del '90 se privatizó y la empresa minera sufrió entonces un proceso sistemático de vaciamiento de sus maquinarias e instalaciones, así como una profunda desinversión que dificultó su proceso productivo. Nunca existió, durante el transcurso de su explotación, una planificación o acciones tendientes a mitigar los impactos ambientales causados por las distintas unidades que componen el complejo minero.

En el año 2002 la empresa regresó a la órbita del Estado Nacional, que debido a un importante accidente en el interior de mina, realizó una fuerte inversión en materia de equipamiento y seguridad. Asimismo, se decidió desarrollar una central termoeléctrica con un potencial nominal de 240 MW, con el objetivo principal de eliminar el costo de transporte y depuración, dar utilidad al carbón en boca de mina mediante la quema directa y comercializar la energía generada a través del sistema interconectado nacional.

El desarrollo de las actividades urbanas e industriales en la Cuenca Carbonífera, causó importantes impactos en numerosos elementos del ambiente, siendo las aguas superficiales uno de los componentes que sufrió mayor alteración, en particular los cuerpos lóticos [2] [3] [4] [5]. En virtud de esto, el objetivo del presente trabajo consistió en caracterizar la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca superior del río Gallegos, así como también aplicar índices biológicos que permitan brindar información del estado ambiental de los cursos de agua en la cuenca.

El uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua y de la

salud de los ecosistemas acuáticos se ha generalizado en todo el mundo [6]. La relación entre la comunidad de macroinvertebrados y las variables ambientales ha sido profusamente estudiada, como así también el modo en que las afectan las actividades humanas, en particular las urbanas e industriales. La explotación sostenida de una mina de carbón también puede condicionar la existencia y la composición de la comunidad de macroinvertebrados. El yacimiento carbonífero Río Turbio, en explotación desde alrededor de 1940 [7], nos brinda un caso de estudio excelente para analizar esta interrelación conflictiva.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Sitios de muestreo

El muestreo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y la medición de las variables fisicoquímicas del agua fue realizado en forma estacional (primavera, verano, otoño e invierno) en ocho sitios de muestreo. Estos sitios fueron establecidos en diferentes puntos de la cuenca distribuidos aguas arriba y aguas abajo de los sitios más afectados por la actividad minera actualmente en desarrollo, hasta llegar a la unión del río Gallegos con el río Turbio (Figura 2): 1- Morro Chico, sitio de muestreo sobre el río Gallegos; 2- Puente Blanco, sitio de muestreo sobre el río Gallegos; 3- Glencross, sitio de muestreo sobre el río Turbio; 4- Turbio Viejo, sitio de muestreo sobre el río Turbio; 5- Frente Mina, sitio de muestreo sobre el arroyo San José; 6- Antes de Rospentek, sitio de muestreo sobre el río Turbio; 7- Mirador de Cóndores, sitio de muestreo sobre el río Turbio; 8- Valle Primavera, sitio de muestreo sobre el río Turbio aguas arriba de la zona de mayor impacto.

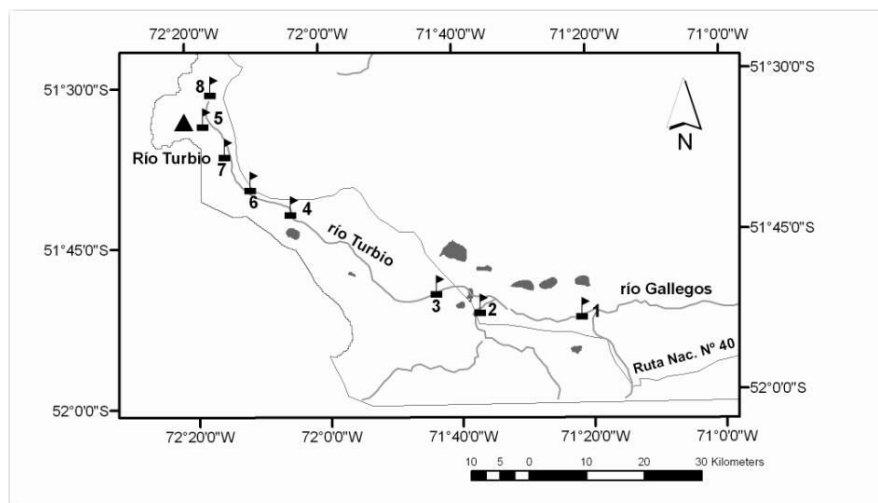


Figura 2: Ubicación de los sitios de muestreo fisicoquímico y de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca superior del río Gallegos, Santa Cruz, Argentina.

2.2 Muestreo fisicoquímico

Los parámetros del agua medidos fueron pH, turbidez (turb), conductividad (cond), sólidos

disueltos totales (St), oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), concentración de metales (Fe, CU, Mg y Zn), velocidad de la corriente y temperatura. Los datos *in situ* fueron tomados mediante una sonda multiparamétrica OAKTON, mientras que las muestras para análisis de laboratorio fueron tomadas manualmente con botellas de un litro de color caramelo, con tapa hermética y sin cámara de aire. Las muestras para determinación de metales fueron fijadas con el agregado de ácido nítrico para garantizar su conservación. Para su traslado, se dispuso de contenedores refrigerados y con aislante, para mantener una temperatura no mayor de 4° C. Estas muestras fueron procesadas en el laboratorio de Servicios Públicos Sociedad del Estados de la Provincia de Santa Cruz.

2.3 Muestreo de macroinvertebrados bentónicos.

En cada sitio se tomaron cuatro muestras de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos utilizando una red manual con boca de 50 x 50 cm y malla de 500 μm , y un marco metálico para delimitar un área de muestreo de 0,25 m² sobre el fondo. Las muestras se tomaron en una transecta paralela a la margen del río entre 30 y 40 cm de profundidad. El sustrato fue removido con pala durante dos minutos y las rocas de mayor tamaño fueron lavadas en forma manual en la boca de la red. Las muestras se fijaron *in situ* con solución de formol al 5%. En el laboratorio, se separaron los organismos mediante lupa estereoscópica, se identificaron a nivel de familia o al nivel taxonómico más bajo posible utilizando guías regionales [8]. Luego de su identificación, los organismos se contabilizaron y se guardaron en alcohol 70% para su preservación.

2.4 Análisis estadísticos

Los datos fisicoquímicos y biológicos obtenidos fueron analizados y comparados estadísticamente entre sitios de muestreo y entre estaciones del año mediante análisis univariados y multivariados, utilizando los paquetes estadísticos Infostat versión 2016p y PRIMER 6.1. Para cada muestra de macrobentos se calculó la abundancia total y relativa (%) de cada taxón; la riqueza de taxones (S), definida como el número de taxones presentes en la muestra, y la diversidad (H') utilizando el índice de diversidad de Shannon-Wiener. Los datos de abundancia fueron analizados mediante técnicas de agrupamiento (*Hierarchical agglomerative clustering*) y de ordenamiento no paramétrico (*Multidimensional Scaling, MDS*).

Se calcularon para cada muestra los siguientes índices bióticos de calidad ambiental:

- *EPT*, se basa en los órdenes de insectos Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, algunos de los más sensibles a los cambios ambientales y *EPTCh*, que es una variante del anterior, que incluye la abundancia de Chironomidae (Diptera), uno de los grupos más tolerantes a los disturbios ambientales [9],

-*BMPS* (*Biotic Monitoring Patagonian Streams*), índice biótico a nivel de familias de macroinvertebrados propuesto por Miserendino y Pizzolón [10], para los cursos de agua andino-patagónicos y *ASPT*, adaptado del *Average Score Per Taxa* basado en el *BMPS*.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las variables fisicoquímicas del agua mostró que el Sitio 5 presentó marcadas diferencias con respecto a los demás sitios de muestreo y, en particular, si lo comparamos con los sitios 1 y 8. Estas diferencias fueron particularmente significativas para DQO y la concentración de hierro (Figura 3).

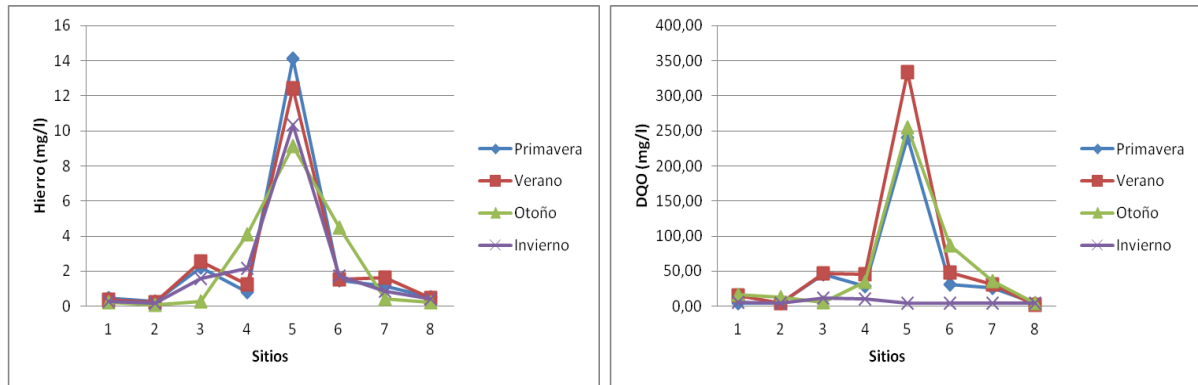


Figura 3: Variación de los parámetros fisicoquímicos entre los diferentes sitios de muestreo para las estaciones del año muestreadas.

Un comportamiento similar fue observado para el resto de los parámetros fisicoquímicos, siendo la conductividad, que varió desde los 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los sitios 1 y 8 hasta los 433 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el sitio 5; los sólidos totales, con una variación de 44,58-67,25 mg/l en los sitios 1 y 8 hasta los 595,33 en el sitio 5; la dureza, que varió desde 34,38-45,7 mg/l en los sitios 1 y 8 hasta los 140,2 mg/l en el sitio 5, los que presentaron las diferencias más significativas.

La comunidad de macroinvertebrados incluyó 22 taxones, siendo los más representados los nematodos, los anélidos oligoquetos e hirudíneos, los moluscos gasterópodos del género *Lymnaea* (Familia Lymnaeidae), los crustáceos anfípodos *Hyaella* sp. (Familia Dogielinotidae) y diferentes familias de insectos. Entre estos últimos se destacaron por su abundancia los dípteros de la Familia Chironomidae, los efemerópteros de la Familia Baetidae, los plecópteros Perlidae, los tricópteros Glossosomatidae y los coleópteros Elmidae. Se detectaron importantes diferencias en la composición de la comunidad de macroinvertebrados entre los distintos sitios de muestreo, lo que se vio reflejado en los diferentes agrupamientos de muestras obtenidos del análisis multivariado (test ANOSIM: R global = 0,898, P = 0,001) (Figura 4).

En la Figura 5 se presentan los histogramas de abundancia relativa de taxones en tres sitios contrastantes y significativamente diferentes entre sí: los sitios 1 y 8 respecto del Sitio 5. Estos permiten observar las diferencias en la composición de la comunidad a lo largo de la cuenca y una marcada disminución de taxones en el Sitio 5, donde la comunidad se encontró dominada por oligoquetos. Los sitios 1 y 8 mostraron una mayor riqueza de taxones, entre los que se pueden destacar por su abundancia los anfípodos *Hyaella* sp. y diferentes familias de insectos (*Baetidae* y *Perlidae* entre otros).

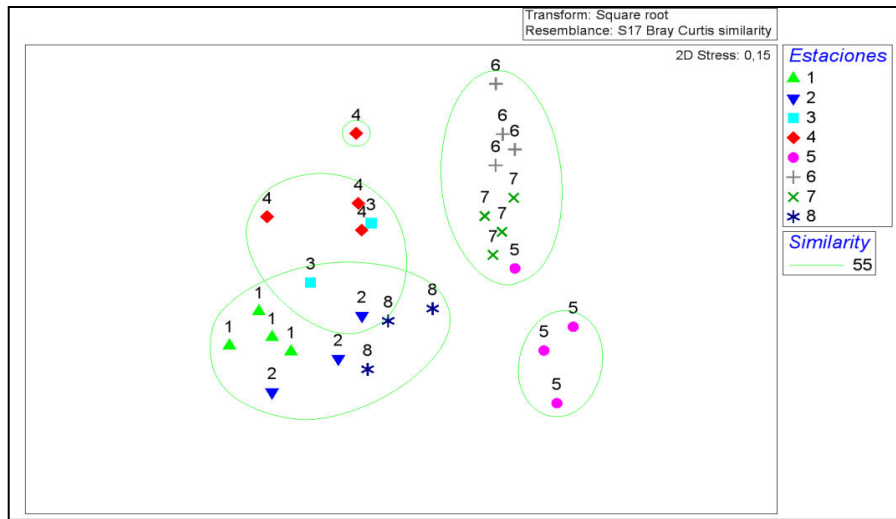


Figura 4: Análisis de ordenamiento (MDS) y agrupamiento de muestras utilizando la abundancia de los diferentes taxones de macroinvertebrados bentónicos en 8 sitios de muestreo en la cuenca superior del río Gallegos.

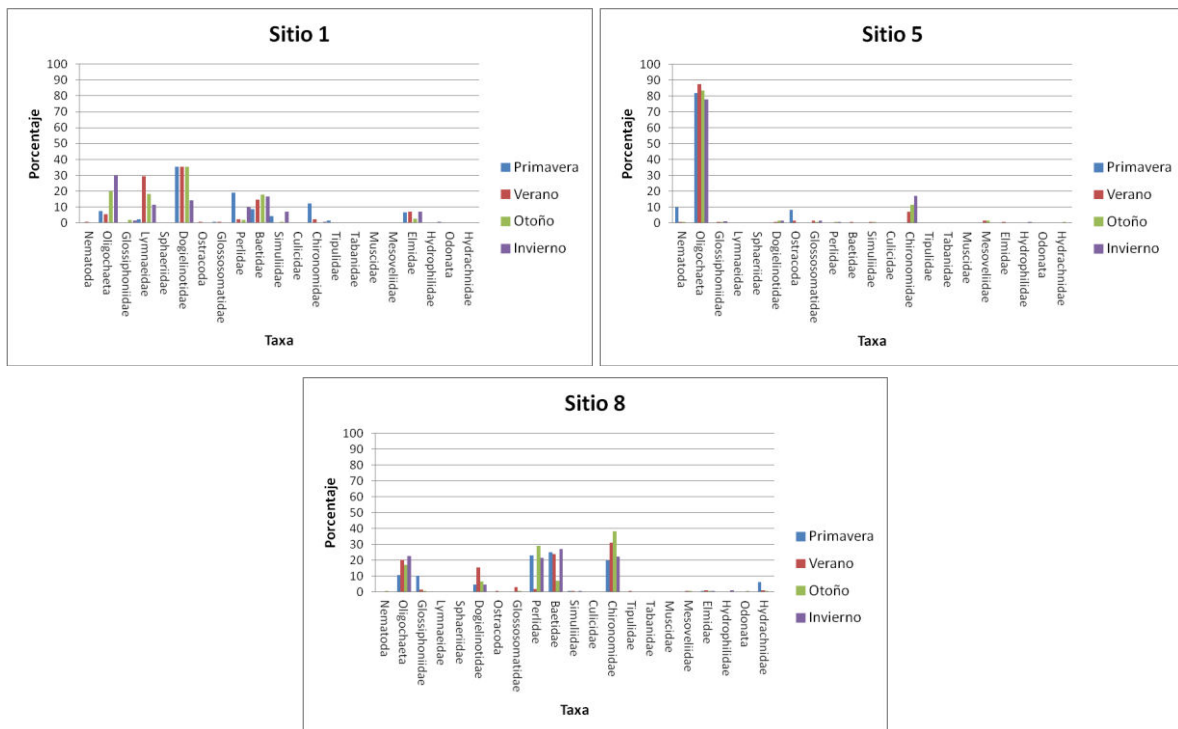


Figura 5: Histogramas de abundancia relativa de los diferentes taxones en los sitios de muestreo 1, 5 y 8.

La Tabla 1 muestra los valores de los índices de diversidad y de los diferentes índices bióticos

calculados para la primavera. La mayor diversidad se registró en los sitios 1, 2 y 8, mientras que la menor diversidad se encontró en el sitio 4, 5, 6 y 7, que presentaron mayor abundancia total de individuos pero representados por muy pocos taxones.

La prueba estadística de Kruskal Wallis utilizada para determinar si existieron diferencias significativas en los valores de los índices entre sitios de muestreo, mostró que los sitios 1, 2 y 8 se diferencian significativamente de los sitios 5, 6 y 7, en la mayoría de los casos (KW: g.l.= 7; p = 0,003 para EPT; KW: g.l.= 7; p = 0,004 para EPTCh; KW: g.l.= 7; p = 0,012 para BMPS; KW: g.l.= 7; p = 0,043 para ASPT; KW: g.l.= 7; p = 0,008 para S; KW: g.l.= 7; p = 0,003 para H'). La abundancia fue el único parámetro que no arrojó diferencias significativas entre los diferentes sitios de muestreo (KW: g.l.= 7; p = 0,061).

El análisis de correlación de Spearman entre los índices calculados y las variables ambientales que presentaron mayores diferencias espaciales, demostró que en primavera el índice BMPS mostró las correlaciones más significativas con la mayoría de las variables del agua (Tabla 2).

Sitio	EPT	EPTCh	BMPS	ASTP	S	Abundancia	H'
1	31,71	42,95	49,50	4,82	10,50	392,75	1,74
2	5,92	16,91	41,75	4,19	10,00	723,50	1,14
3	8,42	13,50	28,25	4,65	6,50	484,75	0,76
4	1,38	10,29	35,75	4,06	9,00	2665,75	0,61
5	0,00	0,00	8,00	2,67	3,00	1696,50	0,65
6	0,73	4,23	23,50	4,03	5,75	2177,50	0,21
7	0,39	10,72	17,25	3,30	4,75	722,25	0,65
8	46,01	65,34	36,33	4,73	7,67	84,67	1,75

Tabla 1: Promedio de los diferentes índices para los sitios muestreados en primavera. EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), EPTCh (EPT, Chironomidae), BMPS (Biological Monitoring Patagonian Streams), ASPT (Average Score Per Taxa), S (N° de Taxa), H' (Índice de Shannon-Wiener).

Variable/Índice	EPT	EPTCh	BMPS	ASPT	S	H'
pH	-0,67	-0,57	-0,86 *	-0,74 *	-0,88 *	-0,49
Cond.	-0,55	-0,69	-0,79 *	-0,57	-0,71	-0,51
ST	-0,54	-0,72 *	-0,78 *	-0,56	-0,71 *	-0,55
CL	-0,19	-0,48	-0,36	-0,14	-0,29	-0,26
Du	-0,6	-0,74 *	-0,88 *	-0,62	-0,86 *	-0,56
Turb.	-0,45	-0,62	-0,67	-0,43	-0,57	-0,5
DQO	-0,61	-0,81 *	-0,75 *	-0,57	-0,67	-0,65
Fe	-0,6	-0,74 *	-0,88 *	-0,62	-0,86 *	-0,56

Tabla 2: Coeficientes de correlación de Spearman entre variables ambientales e índices calculados para primavera. * Nivel de significancia p < 0,05)

Según estudios realizados por otros autores [2], el río Turbio en el valle Primavera refleja condiciones de “río limpio y poco contaminado”, con baja concentración de materiales en suspensión y presencia abundante de peces. Sin embargo, la situación cambia radicalmente en el paraje Julia Duffour, donde el río se presenta con aguas marrones oscuras y alto nivel de

material en suspensión. Según los autores, estas condiciones reflejan un importante aporte externo o bien una intensa utilización del agua en la zona industrial. Asimismo, atribuyen la alteración ambiental observada fundamentalmente al aporte urbano (vertido de desechos cloacales) y al aporte industrial producto de la depuración mediante lavado del carbón. En estos trabajos se detectó también que el arroyo San José presenta grados de alteración altos a muy altos en virtud que en él desembocan los efluentes pluviales, cloacales e industriales asociados a la localidad de Río Turbio y a la mina [3] [4].

Coincidentemente con estos trabajos, en el presente estudio se registró un aumento significativo de la conductividad en el Sitio 5, que mantiene valores relativamente elevados hasta el Sitio 3. Este último se emplaza en un sector del río Turbio que transcurre a través de la Estancia Glencross, ubicada a unos 70 km de la confluencia del arroyo con el río Turbio, donde además se encontró abundante carbonilla y magnetita en el sustrato. La magnetita es parte del proceso de depuración del carbón y es parcialmente eliminada en los efluentes provenientes de la planta depuradora.

En el Sitio 1, ubicado sobre el río Gallegos, a 10 km de su confluencia con el río Turbio, los parámetros fisicoquímicos evaluados se normalizaron y volvieron a presentar valores similares a los registrados en el Sitio 8 (sitio control ubicado aguas arriba en el Valle Primavera). El largo recorrido del río Turbio desde su confluencia con el arroyo San José (aproximadamente 120 km), y el gran volumen de agua que trae el río Gallegos, generarían una dilución significativa de los contaminantes.

Con respecto a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con estudios realizados en ríos del norte de Patagonia [11], que indicaron que los principales impactos detectados en las áreas urbanas produjeron cambios significativos en el ecosistema acuático afectando sus características físicas y a la comunidad de macroinvertebrados. En los sitios 5, 6 y 7 de nuestra área de estudio, se observó además una fuerte disminución y/o ausencia de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, que se caracterizan por ser sensibles a determinados impactos antrópicos. Una disminución similar fue observada en relación al drenaje ácido de mina en el arroyo Carolina en la Provincia de San Luis [12], donde se realizan actividades mineras desde el Siglo XVIII.

Los anélidos oligoquetos y los insectos de la Familia Chironomidae se presentaron como los taxones más tolerantes a las diferentes afectaciones generadas a lo largo de la cuenca superior del río Gallegos. La abundancia de estos organismos fue mayor en los sitios más afectados (sitios 5, 6 y 7) y fue disminuyendo hacia los sitios más alejados (Sitio 1) o que no se encuentran sometidos a estas alteraciones (sitios 2 y 8). En el trabajo realizado en la mina del arroyo Carolina se encontró que Chironomidae fue la familia más abundante en el sitio más afectado por el drenaje ácido de mina [12], sin embargo, la relación con este tipo de alteración ambiental no se pudo establecer en el presente estudio, debido a que el pH fue cercano a neutro en todas las muestras de agua tomadas.

Los índices calculados en el presente trabajo respondieron, en general, a lo esperado, encontrándose los valores más bajos en los sitios más afectados. Como fuera indicado para el arroyo Carolina en la Provincia de San Luis, la riqueza (S), el índice de Shannon-Wiener (H') y el índice EPT en los sitios problema presentaron valores más bajos que los hallados en los sitios de referencia [12].

El índice BMPS se correlacionó significativamente con la mayoría de los parámetros fisicoquímicos que presentaron cambios significativos a lo largo del gradiente de alteración ambiental. Este índice permite realizar una rápida evaluación de la calidad del agua para la Región Patagónica y, según la escala propuesta por los autores [10] y teniendo en cuenta los valores obtenidos en nuestro estudio, la calidad del agua en la cuenca superior del río Gallegos varía entre agua fuertemente contaminada en el Sitio 5 y contaminación probablemente incipiente para los sitios 1, 2 y 8.

4. CONCLUSIÓN

Los sitios 4, 5, 6 y 7 son los que reciben la mayor afectación por actividades antrópicas, lo cual se manifiesta en los valores de las variables fisicoquímicas medidas, en los cambios observados en la estructura de la comunidad y en los bajos valores de los índices bióticos evaluados en el presente trabajo. Se observa también, que tanto las variables fisicoquímicas como las biológicas analizadas tienden a normalizarse o a volver a un estado similar al del sitio control (Sitio 8), a medida que nos alejamos del sitio de mayor impacto. En el Sitio 1, la situación ambiental se normaliza, posiblemente por la incorporación del gran volumen de agua aportado por el río Gallegos, no detectándose diferencias significativas con respecto al sitio control.

Se identificaron organismos bentónicos que pueden ser utilizados como indicadores de impacto antrópico en la cuenca superior del río Gallegos, como los oligoquetos e insectos Chironomidae, cuya abundancia elevada en la comunidad es indicadora de aguas con un grado de impacto elevado, mientras que la presencia de insectos de las familias Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera son indicadores de mejor calidad ambiental.

Se sugiere, a partir de haber comprobado su sensibilidad respecto a las alteraciones ambientales en la zona de estudio, la utilización del índice BMPS como índice biótico para la evaluación de la calidad ambiental de la cuenca superior del río Gallegos.

La existencia simultánea de diferentes fuentes de contaminantes en el área de estudio (efluentes cloacales, pluviales, lixiviados de mina, lavado de áridos, etc) impide realizar una asociación inequívoca entre los cambios observados en la comunidad de macroinvertebrados y una fuente de impacto particular. Los cambios observados en la comunidad bentónica podrían ser el resultado de la sumatoria de las diversas alteraciones producidas sobre los cursos de agua.

Los trabajos de investigación deben ser continuados con el objetivo de ampliar el campo de conocimiento en la materia y ajustar el índice de calidad ambiental propuesto a la compleja realidad productiva y ambiental de la cuenca superior del río Gallegos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en el marco de los Proyectos de Investigación PI29/A299 y PI29/A336 Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Al laboratorio de Servicios Públicos Sociedad del Estado de Santa Cruz por los análisis fisicoquímicos realizados.

REFERENCIAS

- [1] Caballero, J. O. 2000. Hidrografía y Recursos Hídricos. El Gran Libro de la Provincia de Santa Cruz. Milenio. 116 – 139.
- [2] Esteves, J. L., Gil, M. y Harvey, M. 1996. Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica (Puerto Madryn, Argentina) N° 12.
- [3] Caballero, A. 2009 a. Evaluación Preliminar De Depósitos De Estériles Y sedimentos Provenientes De La Actividad Carbonífera En Río Turbio. ICT-UNPA-3-2009 Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Unidad Académica Río Turbio.
- [4] Caballero, A. 2009 b. Valoración Del Impacto De Efluentes Minero Industriales Del Carbón En El Arroyo San José De Río Turbio En Santa Cruz. ICT-UNPA-4-2009 Universidad Nacional de la Patagonia Austral. Unidad Académica Río Turbio.
- [5] Asueta, R., Súnico, A., Vallejos, J., Martín, J. P., Franciscovic, K., Guglielminetti, G. y Aguas, P. S. 2013. Macroinvertebrados de la Cuenca del río Gallegos, Santa Cruz. Su Asociación con la Calidad Ambiental. Ponencia en 4° Congreso de Ciencias Ambientales COPIME 2013.
- [6] Prat, N. Ríos, B. Acosta, R. Rieradevall, M. 2008. Los Macroinvertebrados como Indicadores de Calidad de Aguas. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos. Capítulo 20. Fundación Miguel Lillo.
- [7] Zocola, E. P. 1973. Río Turbio. Gesta del Carbón Argentina. 1943–1973. Ministerio de Economía, Secretaría de Estado de la Energía. Yacimientos Carboníferos Fiscales. Bs. As. Pp. 111.
- [8] Fernández, H. R. y Domínguez, E. 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. 282 pp.
- [9] Gray, N. F. Denley, E. 2008. Comparison of benthic macroinvertebrate indices for the assessment of the impact of acid mine drainage on an Irish river below an abandoned Cu-S mine. *Environmental Pollution* 155. 31 – 40.
- [10] Miserendino, M. L. y Pizzolón, L. 1999. Rapid assessment of river water quality using macroinvertebrates: a family level biotic index for the Patagonic Andean zone. *Acta Limnol. Bras.* 11:137-148.
- [11] Miserendino M. L., Casaux, R., Archangelsky, M., Di Prinzio, C. Y., Brand, C. y Kutschker, A. M. 2011. Assessing land-use effects on water quality, in-stream habitat, riparian ecosystems and biodiversity in Patagonian northwest streams. *Science of the Total Environment* 409 612–624.
- [12] Tripole, E. S. y Corigliano, M. del C. 2005. Acid stress evaluation using multimetric índices in the Carolina stream (San Luis – Argentina), *Acta Limnol. Bras.* 17(1), 101-114.