



7^{mo}
Congreso de
Medio Ambiente

Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM
22 al 24 de mayo de 2012. UNLP. La Plata Argentina

**ESTADO TRÓFICO DE ARROYOS DE LA CUENCA DE PASO
SEVERINO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL ÍNDICE
BIÓTICO TSI-BI**

**Assessment of the trophic status of streams in the basin of Paso Severino using the
TSI-BI biotic index**

Juan Pablo Pacheco ^{a, b} *, Rafael Arocena ^b, Guillermo Chalar ^b, Patricia García ^b,
Mauricio González-Piana ^b, Daniel Fabián ^b, Vanesa Olivero ^b, Macarena Silva ^b

^a Centro Universitario de la Región Este, Universidad de la República. Uruguay

^b Sección Limnología, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias.
Universidad de la República. Uruguay

* Autor para correspondencia: 598-99-507-983 juanppacheco@yahoo.com

Palabras clave: Calidad de agua, Embalse Paso Severino, Uruguay,

Macroinvertebrados

Keywords: Water quality, Paso Severino reservoir, Uruguay, Macroinvertebrates

Título abreviado: Estado trófico de arroyos de la Cuenca de Paso Severino

ABSTRACT

Freshwater macroinvertebrates respond to environmental characteristics reflecting alterations in them. They are therefore often used as biological indicators in water quality studies and environmental monitoring. The trophic state index TSI-BI created for the Santa Lucía river basin, allow us to know the trophic status of streams by the

composition of aquatic macroinvertebrates. The aim of this study was to evaluate the trophic status of streams in the basin of Paso Severino Reservoir through the macroinvertebrate community using the TSI-BI index. The reservoir is used as a source of drinking water for the most populated southern region in Uruguay. This area has undergone significant development of dairy farming in recent decades. We selected 10 sub-basins, streams of orders belonging to 2-4, and samples of macroinvertebrates were collected seasonally (2009-2010) using hand net of 500 micrometers pore. We analyzed the relative abundance and composition of macroinvertebrates, estimating the trophic status of streams using the TSI-BI index. All the streams studied had high to very high levels of organic pollution in the ranges Eutrophic to Hipertrophic. Streams of higher trophic state (hypereutrophic) showed a community dominated by *Hirudinea* and *Crustacea*, while the lowest trophic level showed a greater abundance of Ephemeroptera and Trichoptera presence. The high trophic levels of the streams indicate the existence of an impact by nutrients, leading to changes in the macroinvertebrate community to the predominance of pollution tolerant organisms. Given the high trophic levels in these streams, and considering there are tributaries of Paso Severino Reservoir, source of drinking water for the most densely populated area of Uruguay, the current study consist an important tool for local environmental management.

RESUMEN

Los macroinvertebrados acuáticos responden a las características de su ambiente reflejando las alteraciones en el mismo. Por ello, son frecuentemente utilizados como indicadores biológicos en estudios de calidad de agua y monitoreo ambiental. El índice de estado trófico TSI-BI creado para la cuenca del río Santa Lucía, que incluye la cuenca de estudio, permite conocer el estado trófico de los arroyos mediante su composición de macroinvertebrados acuáticos. El objetivo de este trabajo es evaluar el estado trófico de los arroyos de la cuenca del embalse Paso Severino a través de la comunidad de macroinvertebrados mediante el índice TSI-BI. El embalse es utilizado como fuente de agua potable para la zona sur del país. La zona ha tenido un importante desarrollo de la actividad lechera en las últimas décadas. Se seleccionaron 10 subcuencas pertenecientes a arroyos de órdenes 2-4 tomándose muestras estacionales

(2009-2010) de macroinvertebrados con red de mano de 500 μm . Se analizó la abundancia relativa y composición de los macroinvertebrados, estimándose el estado trófico de los arroyos mediante el índice TSI-BI. Todos los arroyos estudiados presentaron niveles altos a muy altos de contaminación orgánica situándose en los rangos Eutrófico-Hipereutrófico. Los arroyos de mayor estado trófico (Hipereutróficos) presentaron una comunidad dominada por *Hirudinea* y *Crustacea*, mientras que en los de menor nivel trófico se observó una mayor abundancia de *Ephemeroptera* y presencia de *Trichoptera*. Los altos niveles tróficos de los arroyos indicarían la existencia de un impacto por nutrientes, que llevó a cambios en la comunidad de macroinvertebrados hacia el dominio de organismos tolerantes a la contaminación. Dado los altos niveles tróficos de estos arroyos, y considerando que son afluentes del embalse de Paso Severino, fuente de agua potable para la zona más densamente poblada de Uruguay, el actual estudio constituye una importante herramienta de gestión ambiental local.

INTRODUCCIÓN

Las actividades agropecuarias afectan la calidad de los sistemas acuáticos constituyendo una fuente difusa de entrada de nutrientes, particularmente nitrógeno y fósforo, bacterias fecales y sedimentos (Gillingham & Thorrold, 2000; Monaghan & Smith, 2004). El sector lechero es una de las ramas de actividad agropecuaria más contaminantes, produciendo una carga orgánica diez veces más concentrada que las aguas residuales de origen doméstico (Longhurst *et al.*, 2000). Los principales problemas ambientales son consecuencia del ingreso de alimentos para animales, el uso de fertilizantes y la generación de una gran cantidad de excrementos que son depositados en el campo y en el lugar de ordeño. Por otra parte las características intensivas de esta producción, hace que su impacto ambiental sea en proporción al área

que ocupa, mucho mayor que el de otras actividades como la producción de granos o la forestación (Monaghan *et al.*, 2007). La actividad lechera en Uruguay se ha intensificado en las últimas tres décadas, con serias implicancias ambientales al generar una alta concentración y volumen de residuos orgánicos de difícil manejo. El principal problema es el aporte de materia orgánica, nutrientes y organismos patógenos, potencialmente contaminantes de las aguas. Se estima que en Uruguay se generan 4 litros de efluentes por cada litro de leche producida (Vasallo, 2008). Un deterioro de la calidad del agua por la producción lechera perjudica no solo a los productores que la utilizan, sino también a otros usuarios que la emplean con fines varios, incluyendo el consumo humano.

La contaminación orgánica de ríos y arroyos ocasiona riesgos sanitarios, problemas estéticos, pérdida de biodiversidad y eleva los costos de tratamiento del agua potable. Por ello, es importante realizar estudios de la calidad del agua que permitan evaluar el estado de los ecosistemas acuáticos y el impacto de las actividades productivas, junto con la adopción de medidas para la preservación que permitan conciliar los objetivos de conservación con el desarrollo económico.

El estudio de los efectos de los contaminantes sobre los sistemas acuáticos se ha basado tradicionalmente en análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años muchos países han sumado las comunidades biológicas de manera de poder realizar una evaluación ecológica y de la calidad del agua de dichos sistemas. Los macroinvertebrados acuáticos son frecuentemente utilizados como indicadores biológicos de la calidad del agua debido a su distribución cosmopolita y a su íntima relación con el ambiente, comportamiento sedentario y ciclos de vida relativamente

largos que nos permite inferir las características ambientales de las zonas donde habitan (Rosenberg & Resh, 1993).

En este sentido Chalar *et al.* (2011) ha desarrollado un índice de estado trófico para arroyos de bajo orden en la cuenca de Santa Lucía, que estima el estado trófico del sistema mediante el análisis de la composición de macroinvertebrados presentes en el sistema acuático. A diferencia de un análisis químico del agua, la evaluación del estado trófico utilizando este índice tiene la ventaja de integrar temporalmente el estado trófico mediante la utilización de macroinvertebrados que responden a las características habituales del sistema (ej. niveles de nutrientes, producción, etc.). Los análisis químicos dependen en cambio de una mayor frecuencia de muestreo para evitar variaciones importantes en las variables ambientales químicas. Uruguay ha experimentado un fuerte desarrollo de la lechería en las últimas décadas, especialmente en la cuenca del embalse de Paso Severino, en la zona centro-sur del país, departamento de Florida. El embalse de Paso Severino es una importante reserva de agua potable para la zona más densamente poblada del país que incluye a la capital Montevideo. El objetivo del presente estudio es evaluar el estado trófico de los arroyos de la cuenca de Paso Severino a través de la comunidad de macroinvertebrados mediante la aplicación del índice TSI-BI (Chalar *et al.* 2010).

METODOLOGÍA

El proyecto se llevó a cabo en la cuenca lechera de Florida que drena hacia el embalse Paso Severino, incluida en la cuenca del Río Santa Lucía. Inicialmente se

realizó la selección precisa de las unidades muestrales mediante la Carta Uruguay 1:50000 del Servicio Geográfico Militar Uruguayo y de la información física y económica de la zona (Bartésaghi *et al.* 2006). Así se determinaron 10 microcuencas a estudiar, considerándose el orden de los cursos y la superficie de sus cuencas, la modalidad productiva dominante y la accesibilidad a los establecimientos y a los cursos de agua. Cada microcuenca fue muestreada en un tramo de arroyo de aproximadamente 50 m de largo, donde se tomaron tres puntos de muestreo equidistantes. La cuenca número 10, correspondiente a un afluente del arroyo “Horqueta” fue seleccionada como cuenca control por no presentar actividad lechera en su cuenca.

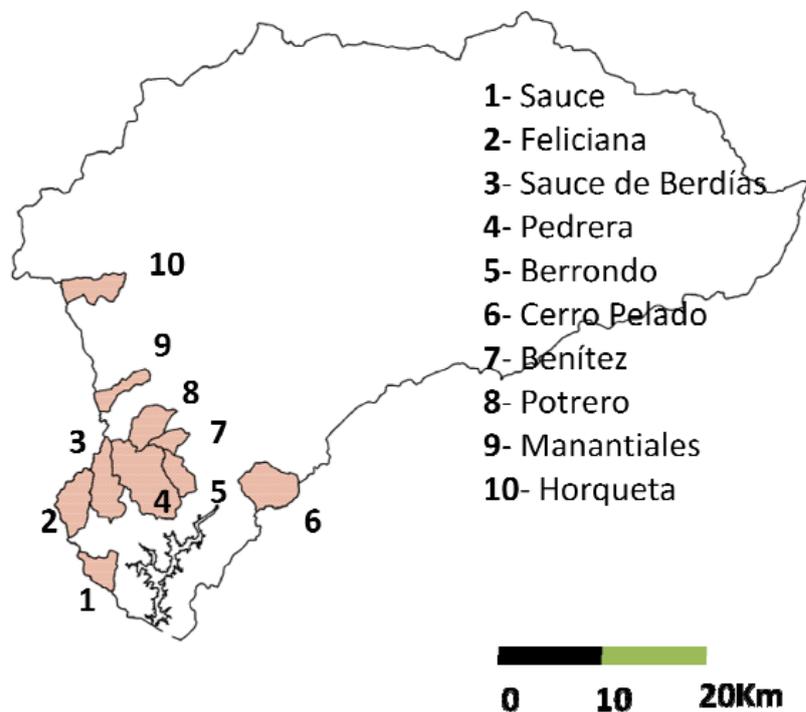


Figura 1. Ubicación de la cuenca de Paso Severino y de las 10 microcuencas seleccionadas dentro de esta: 1-Sauce, 2-Feliciano, 3-Sauce de Berdías, 4-La Pedrera, 5-Berrondo, 6-Pelado, 7-Benítez, 8-Potrero, 9-Manantiales, 10-Horqueta (control).

Figure 1. Location of Paso Severino watershed with the 10 selected micro-basins inside it: 1-Sauce, 2-Feliciano, 3-Sauce de Berdías, 4-La Pedrera, 5-Berrondo, 6-Pelado, 7-Benítez, 8-Potrero, 9-Manantiales, 10-Horqueta (control).

En cada predio se recabó información a modo de estimar la intensidad de producción lechera: cantidad de ganado total y en ordeño, litros de leche producidos por día, superficie de los tambos, cantidad de litros de agua utilizada por día, etc. También se registró de qué forma trataban a los efluentes y cómo se evacuaban a los arroyos (canal directo al cuerpo receptor o escurrimiento difuso). En cada punto de muestreo se midieron mensualmente *in situ*: caudal, pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto y se tomaron además muestras de agua conservadas en frío a partir de las cuales se determinó en laboratorio: sólidos suspendidos totales y materia orgánica suspendida, fósforo total, fósforo reactivo soluble, nitrógeno total, nitrato y amonio. Los macroinvertebrados acuáticos fueron colectados en 3 campañas de muestreo durante primavera, verano e invierno del 2009-2010. La colecta se realizó mediante arrastres con red de mano de 500 micrómetros de malla durante un tiempo predeterminado de 3 minutos en la zona litoral y el centro del curso, incluyendo los diferentes microhábitats proporcionalmente a su extensión (Arocena, 1999). Las muestras fueron fijadas en alcohol 70% y transportadas al laboratorio donde se identificaron los organismos hasta género y se calculó el índice TSI-BI según la metodología descrita en Chalar *et al.* (2011). Se realizó una descripción de los datos físico-químicos mediante un análisis de componentes principales a modo de describir las principales características ambientales de los sitios de muestreo. Para este análisis se promediaron los datos de todos los muestreos y se eliminaron las variables que presentaron un gradiente muy bajo o que presentaron colinealidad. Se analizó comparativamente la composición relativa de grupos de macroinvertebrados para los arroyos clasificados en diferente nivel trófico según el TSI-BI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los caudales presentaron una amplia variación de entre 0 (agua estancada) y $0.47 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, con un valor extremo durante una crecida del arroyo Sauce donde alcanzó los $1.35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Las diferencias de caudal en el periodo de estudio pueden generar variaciones en las características físico-químicas de los sistemas, como se constató con la conductividad o concentraciones de algunos nutrientes. El oxígeno disuelto presentó valores variables entre 0.5 y $12.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. La cuarta parte de estos valores estuvieron por debajo del estándar de $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ para aguas no urbanas. El arroyo Potrero presentó valores menores a $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. El pH presentó valores normales entre 6.7 y 8.4, dentro de los estándares nacionales de 6.5 - 8.5 para agua potabilizable. La conductividad varió entre 70 y $930 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ y al igual que el pH los valores más bajos se registraron durante las crecidas, presentando ambos un patrón inverso al caudal debido a la dilución por la lluvia. Con excepción de la cuenca control, los arroyos presentaron altos niveles de nutrientes (Tabla 1) y conductividad, en especial aquellos con mayor actividad lechera en su cuenca (Figura 2).

Tabla 1. Valores promedio, máximos y mínimos de: sólidos totales en suspensión (SST), materia orgánica (MO), porcentaje de materia orgánica (%MO), fósforo reactivo soluble (PRS), fósforo total (PT), nitrógeno total (NT), amonio (NH₄), nitrato (NO₃) de todas las cuencas estudiadas.

Table 1. Mean, maximum and minimum values of: total suspended solids (SST), organic matter (MO), organic matter percent (%MO), soluble reactive phosphorus (PRS), total phosphorus (PT), total nitrogen (NT), ammonia (NH₄), nitrate (NO₃) in studied micro-basins.

	SST (mg.L ⁻¹)	MO (mg.L ⁻¹)	%MO	PRS (µg.L ⁻¹)	PT (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)	NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NO ₃ (µg.L ⁻¹)
Promedio	35.05	22.85	56%	371	528	70108	80	302
Máximo	161.33	112	92%	857	1315	117498	970	700
Mínimo	2.43	1	21%	14	17	7057	1	4

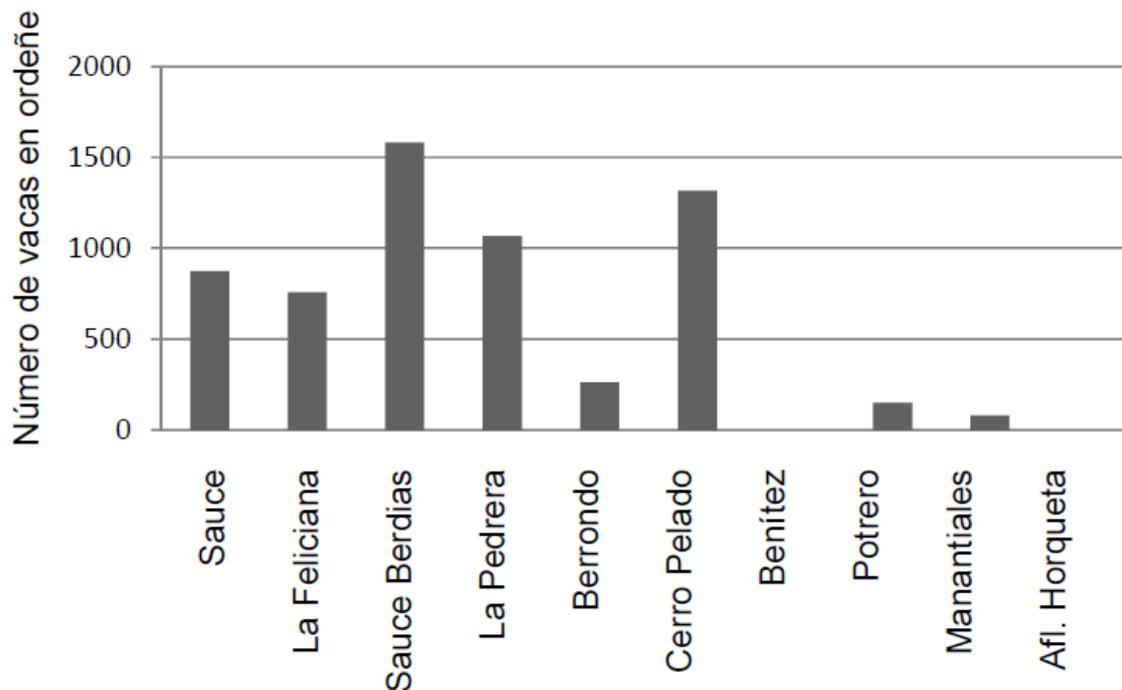


Figura 2. Intensidad de uso de la tierra expresada en número de vacas en ordeño en las cuencas de los arroyos estudiados.

Figure 2. Land use intensity expressed in milk cows in the watersheds of the studied streams.

El análisis de componentes principales (Figura 3) mostró que las cuencas se agruparon en tres grupos en relación a las variables físico-químicas. Por un lado el grupo A, correspondiente a las cuencas altamente impactadas: Potrero, Sauce, Pelado y Berrondo. Este grupo presentó correlación positiva con la conductividad y el amonio, y negativa con el oxígeno disuelto en agua. El grupo M, correspondiente a cuencas con un grado moderado de impacto: La Feliciano, La Pedrera y Sauce de Berdías, que presentaron correlación positiva con el fósforo total, nitrógeno total y con el oxígeno disuelto. Por último el grupo B, correspondiente a cuencas con niveles de impacto bajos, presentaron correlación negativa con la conductividad y todos los nutrientes y positiva con el oxígeno disuelto (Benítez, Manantiales y control). Dentro de estos grupos, las cuencas de Potrero y control se presentaron en los extremos de mayor y menor impacto ambiental respectivamente. Potrero mostró correlación positiva con todos los nutrientes incluidos en el análisis, así como con la conductividad y negativa con el oxígeno disuelto.

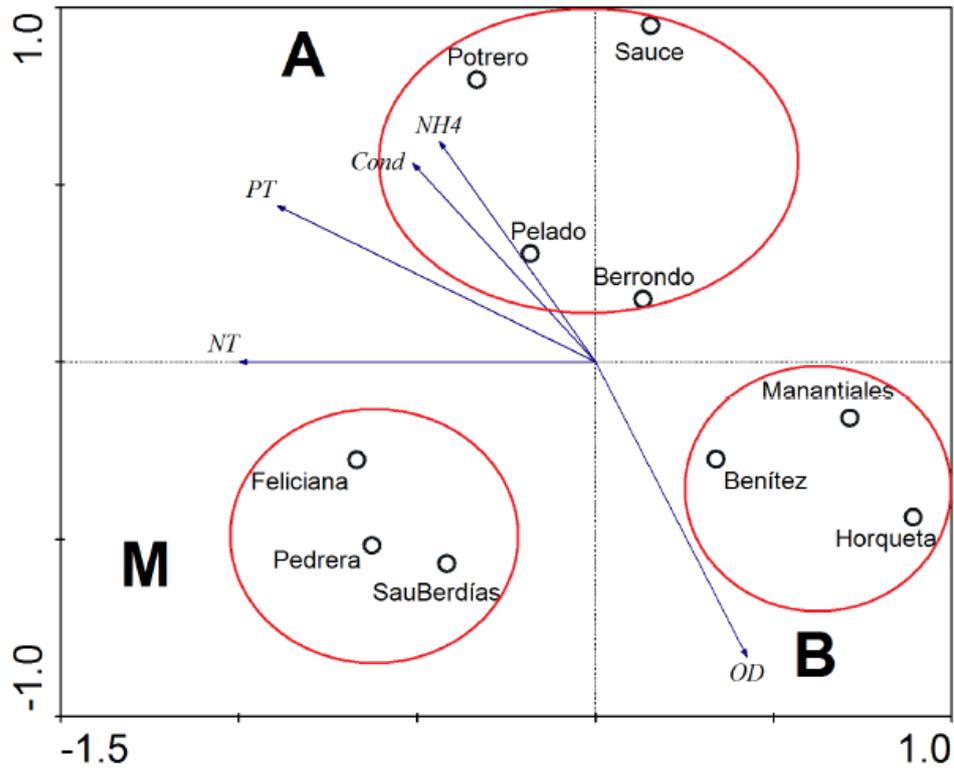


Figura 3. Análisis de Componentes Principales de las variables físico-químicas para las 10 microcuencas estudiadas.

Figure 3. Principal Components Analysis of physical and chemical variables from the 10 micro-basins studied.

La clasificación trófica de los arroyos realizada mediante el índice TSI-BI dio como resultado que todos los arroyos estudiados se presentaron niveles altos a muy altos de contaminación orgánica situándose en los rangos Eutrófico – Hipereutrófico (Figura 4). Inclusive el arroyo afluente de la Horqueta, considerado *a priori* como el de mejor calidad por no presentar actividad lechera en su cuenca y utilizado como control en este estudio, fue clasificado como Eutrófico según el TSI-BI.

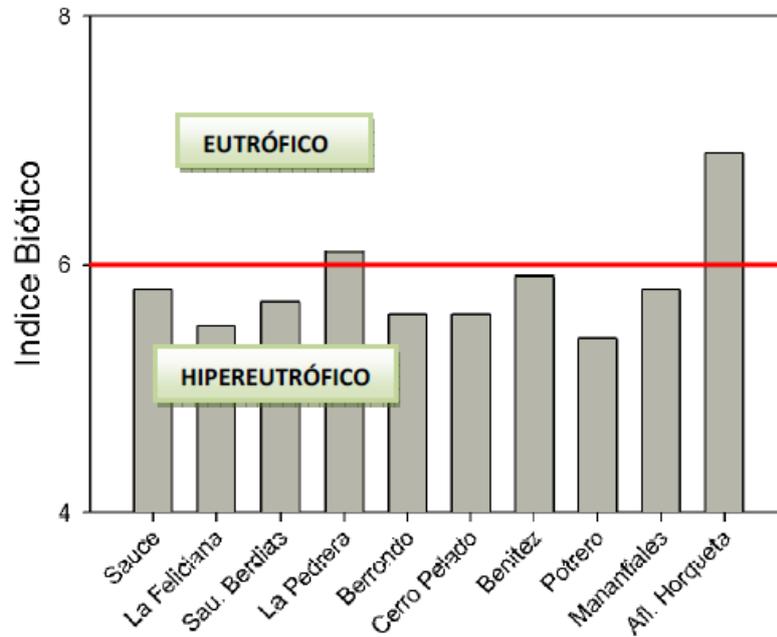


Figura 4. Clasificación de estado trófica de los arroyos estudiados según el índice TSI-BI.

Figure 4. Trophic status of the streams studied according to the TSI-BI index.

En cuanto a la composición de macroinvertebrados según el nivel trófico de los arroyos, se observó que aquellos de mayor estado trófico (Hipereutrófico) presentaron una comunidad mayormente representada por *Hirudinea* y *Crustacea*, mientras que en los de menor nivel trófico se observó una mayor abundancia de *Ephemeroptera* y presencia de *Trichoptera*. Si bien *Hirudinea* y *Crustacea* se encontraron ampliamente representados en ambos niveles tróficos, tanto eutrófico como hipereutrófico, fue en estos últimos donde se observó una mayor representación.

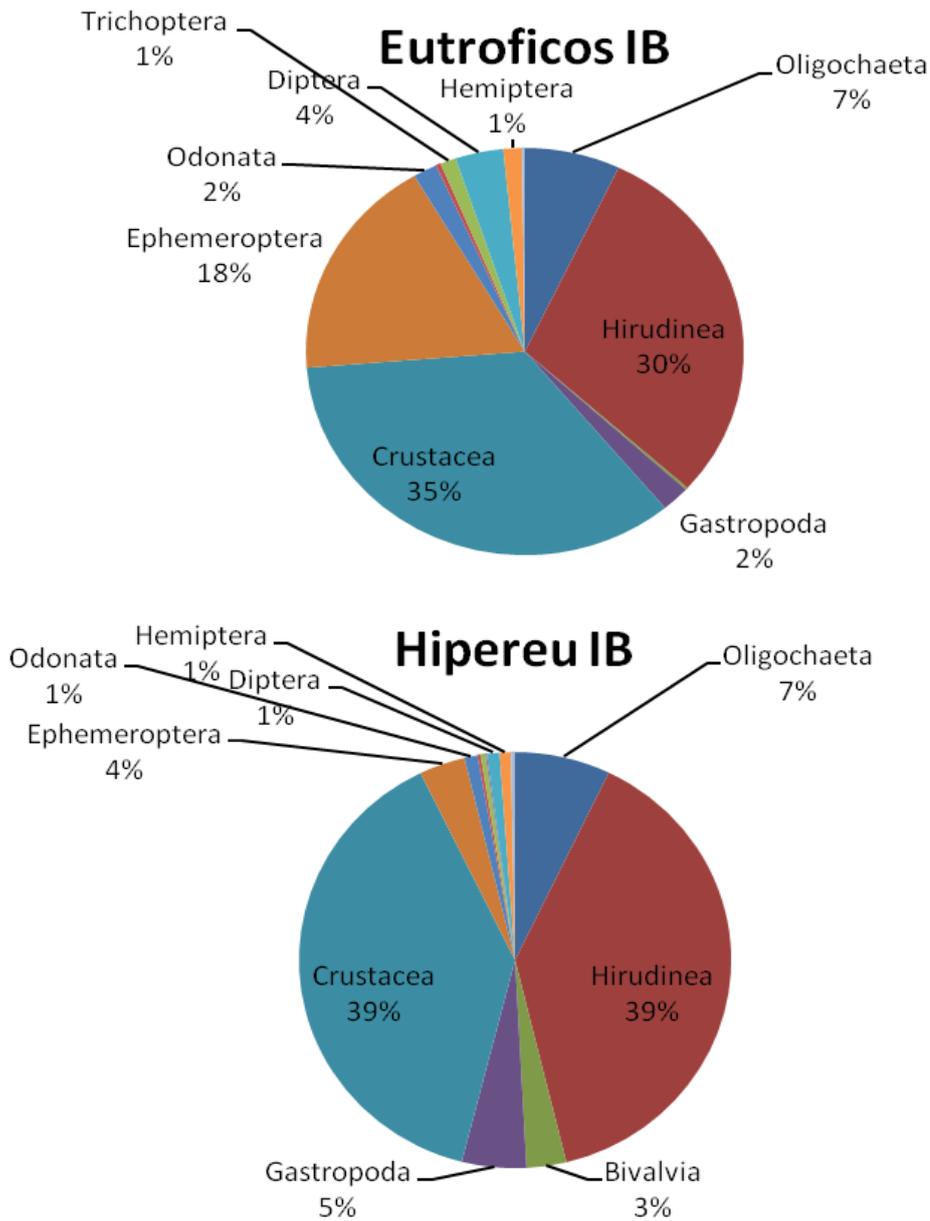


Figura 5. Composición relativa de grandes grupos de macroinvertebrados para arroyos de estados tróficos Hipereutrófico y Eutrófico.

Figure 5. Relative composition of the Macroinvertebrate main groups in Hyper-eutrophic and Eutrophic streams

Estos grupos son frecuentemente descritos como grupos tolerantes a la contaminación orgánica (Rosenberg & Resh, 1993) siendo su mayor representación esperable para los

sistemas de mayor nivel trófico. En los Eutróficos (menor nivel trófico) la proporción de grupos menos tolerantes a la contaminación como los *Ephemeroptera* estuvieron más representados, y se hallaron *Trichoptera*, grupo asociado con bajos niveles de contaminación orgánica.

CONCLUSIONES

Los altos niveles tróficos de los arroyos indicarían la existencia de un impacto por nutrientes, posiblemente atribuible a la actividad lechera en la cuenca, pero no exclusivamente ocasionado por esta actividad. Este impacto por nutrientes llevó a cambios en la comunidad de macroinvertebrados hacia el dominio de organismos tolerantes a la contaminación. En contraposición en aquellos sistemas no tan contaminados se observa aún la presencia de grupos poco tolerantes a la contaminación orgánica. El índice de estado trófico basado en macroinvertebrados TSI-BI, resultó un descriptor muy apropiado y coherente para estimar el estado trófico de los arroyos estudiados. Dados los altos niveles de contaminación orgánica de estos arroyos y considerando que son afluentes del embalse de Paso Severino, fuente de agua potable para la zona más densamente poblada del país, es importante generar medidas de manejo de efluentes y formas de producción que tiendan a minimizar el impacto sobre los ecosistemas acuáticos en esta zona. Este estudio constituye una base teórica de fundamental importancia en la determinación de la calidad de agua de los sistemas estudiados, validando la utilización del índice TSI-BI para análisis de calidad ambiental. Además, provee de información básica aplicable para planes de manejo de sistemas

agrícolas-ganaderos a desarrollarse por gestores o instituciones responsables como la Dirección Nacional de Medio Ambiente o el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo contó con el financiamiento del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, mediante el Fondo de Promoción de las Tecnologías Agropecuarias N° 179. A todos los productores, técnicos, agrónomos y personal de los establecimientos que facilitaron y apoyaron esta propuesta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arocena R. 1999. Zoobentos. P 182-193 En: Arocena R & Conde D (eds) *Métodos en Ecología de Aguas Continentales*. Facultad de Ciencias, UdelaR, Montevideo
- Bartesaghi L, Ceroni M, Díaz I, Faccio C & Lenormand P. 2006. Estrategias para la Gestión Participativa en Cuencas Hidrográficas: Experiencia Piloto en la Cuenca del Río Santa Lucía Chico en el Departamento de Florida - Uruguay. Programa Uruguay Sustentable. REDES – AMIGOS DE LA TIERRA URUGUAY Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio. Facultad de Ciencias, UdelaR, Montevideo. 52pp
- Chalar G, Arocena R, Pacheco JP & Fabián D. 2011. Trophic assessment of streams in Uruguay: A Trophic State Index for Benthic Invertebrates (TSI-BI). *Ecological Indicators* 11: 362-369

- Gillingham AG & Thorrold BS. 2000. A Review of New Zealand Research Measuring Phosphorus in Runoff from Pasture. *J. Environ. Qual.*, 29: 88-96.
- Longhurst RD, Roberts AHC & O'Connor MB. 2000. Farm dairy effluent: A review of published data on chemical and physical characteristics in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 43: 7-14
- Monaghan RM & Smith LC. 2004. Minimizing surface water pollution resulting from farm-dairy effluent application to mole-pipe drained soil. II. The contribution of preferential flow of effluent to whole-farm pollutant losses in subsurface drainage from a West Otago dairy farm. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 47: 417-428
- Monaghan RM, Wilcock RJ & Smith LC. 2007. Linkages between land management activities and water quality in an intensively farmed catchment in southern New Zealand Agriculture. *Ecosystems and Environment*, 118: 211-222
- Rosenberg DM & Resh VH. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall: 499 p
- Vasallo C. 2008. Manual para el manejo de los efluentes de tambo. Proyecto de Producción Responsable. MGAP, Uruguay Disponible en: www.mgap.gub.uy/presponsable