

# INVESTIGACIONES EN FACULTADES DE INGENIERÍA DEL NOA

---



## **Autoridades**

**Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas - Universidad Nacional de Catamarca**  
Ingeniero Agrimensor Carlos Humberto SAVIO

**Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Jujuy**  
Ingeniero Metalúrgico Gustavo Alberto Lores

**Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Salta**  
Ingeniero en Construcciones Héctor Raúl Casado

**Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías - Universidad Nacional de Santiago del Estero**  
Ingeniero Vial Pedro Juvenal Basualdo

**Facultad de Agronomía y Agroindustrias - Universidad Nacional de Santiago del Estero**  
Doctora Ingeniera en Industrias Agrícolas y Alimentarias Myriam Elizabeth Villarreal

**Facultad de Ciencias Forestales - Universidad Nacional de Santiago del Estero**  
Doctor Ingeniero en Industrias Forestales Juan Carlos Medina

**Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología - Universidad Nacional de Tucumán**  
Doctor Ingeniero Electricista Miguel Angel Cabrera

## **Editor**

Santapaola, Julia Eleonora

## **Comité Organizador**

### **Secretarios de Ciencia y Técnica de las Facultades integrantes del CODINOA**

Acosta, Delicia

Benac, María José

Cañas, Martha

Lopez, Gloria

Manzano, Eduardo

Rizo Patrón, Marcia

Rodríguez, Ivan

Santapaola, Julia Eleonora

Sarmiento, Miguel

Vicente, María Soledad

## **Colaboradores**

Martínez, Daniel

Salvador, Romina Daniela

## **Diseño**

Martínez, Daniel

## **Compaginación**

Martínez, Daniel

Salvador, Romina Daniela

## Respuesta de ensambles de macroinvertebrados bentónicos a la presencia de un dique derivador: análisis preliminar

Hurtado-Ferraté, Sara M.<sup>1</sup>; Corona, Tomás G.<sup>1</sup>; Pineda, Andrea L.<sup>1</sup>; Ledesma, Ana E.<sup>2</sup>; Wottitz, Carlos A.<sup>3</sup>; Leiva, Marta<sup>4</sup>

(1) *INPROVE, Facultad de Ciencias Forestales (FCF). Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE).*

*samhfer@gmail.com; agrocan69@gmail.com; belluccia15@gmail.com*

(2) *CIBAAL-UNSE-CONICET, Departamento Académico de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT). UNSE.*

*ana1ledesma@yahoo.com.ar*

(3) *Departamento Académico de Química. FCEyT. UNSE.*

*augusto.wottitz@gmail.com*

(4) *CONICET-UNSE. INPROVE. FCF. UNSE.*

*martaleiva@unse.edu.ar*

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar la influencia del dique Los Quiroga, destinado a derivación de caudales para riego, sobre la composición de ensambles de macroinvertebrados bentónicos y su relación con variables físico-químicas en el río Dulce, Santiago del Estero. Se realizaron 3 muestreos para análisis de calidad de agua (en mayo, junio y julio de 2019), y se muestrearon 1 vez los macroinvertebrados durante el mes de julio, en sitios aguas arriba y abajo del dique. Las aguas fueron alcalinas, con pH 7,8; alcalinidad total 166,4 mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>, dureza total 176,4 mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> y conductividad de 867,8 μS.cm<sup>-1</sup>. Las variables de calidad de agua mostraron valores ligeramente superiores aguas abajo del dique, con excepción de nitratos y sulfatos que disminuyeron aguas abajo. La abundancia y riqueza de los ensambles fueron superiores aguas arriba, donde la Clase Oligochaeta fue más abundante, mientras Insecta Chironomidae fue más abundante aguas abajo. Se concluye que la presencia del dique influye sobre la composición de los ensambles de macroinvertebrados. La continuidad de esta investigación permitirá evaluar el efecto del dique sobre el funcionamiento ecológico del sistema fluvial, aportando conocimiento básico necesario para el desarrollo de herramientas de biomonitoreo.

### ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the influence of Los Quiroga weir, destined to derivation of water flows for irrigation, on composition of benthic macroinvertebrate assemblages and its relationship with physical-chemical variables in the Dulce river, Santiago del Estero. We carried out 3 samplings for water quality analysis (May, June and July 2019), and we sampled once the macroinvertebrates (July 2019), in sites upstream and downstream the weir. Waters were alkaline, with pH 7.8; total alkalinity 166.4 mg.L<sup>-1</sup> of CaCO<sub>3</sub>, total hardness 176.4 mg.L<sup>-1</sup> of CaCO<sub>3</sub> and conductivity 867.8 μS.cm<sup>-1</sup>. Water quality variables showed slightly higher values downstream the weir, with exception of nitrates and sulfates, which decrease downstream. Abundance and taxonomic richness of assemblages were higher upstream, where Oligochaeta Class was more abundant, while Insecta Chironomidae was more abundant downstream. It is concluded the presence of the weir influences macroinvertebrate assemblages' composition. The continuity of this research will allow assessing the effect of the weir on ecological functioning of the fluvial system, providing basic knowledge necessary for development of biomonitoring tools.

Palabras claves: macroinvertebrados - azud - integridad ecológica.

Keywords: macroinvertebrates - weir - ecological integrity.

## 1. INTRODUCCIÓN

La construcción de presas y diques modifica potencialmente una amplia gama de factores abióticos y bióticos en los ecosistemas lóticos y se considera uno de los impactos antropogénicos más importantes en los ríos a nivel mundial (Krajenbrink *et al.*, 2019). Sin embargo, los estudios en general se enfocan en las grandes presas, y por lo tanto aún es escaso el conocimiento acerca de los efectos de los diques de pequeña altura (<7 m). Aunque no tienen impactos ambientales de tanta magnitud como las grandes presas, se reconoce que presas pequeñas provocan cambios a la dinámica de sedimentación y arrastre de sólidos, modificando la granulometría aguas arriba y aguas abajo (Csiki & Rhoads, 2010); cambiando la configuración del hábitat para los invertebrados acuáticos y generando espacios de colonización para la vegetación acuática y riparia; y favorecen la acumulación de contaminantes (Rothenberger *et al.*, 2017). También pueden modificar las variables físico-químicas del agua, como la temperatura, los nutrientes y la productividad primaria (Dewson *et al.*, 2007).

Las infraestructuras hídricas tienen cada vez mayor desarrollo por la necesidad de uso del agua, y paralelamente captan el interés científico para evaluar sus efectos ecológicos a fin de aportar herramientas a la conservación y el manejo de los recursos acuáticos (Arthington *et al.*, 2010). Es fundamental que los estudios integren aspectos físico-químicos y biológicos para lograr evaluaciones integrales, tendientes a mejorar el manejo de los sistemas naturales conservando sus funciones y servicios ecosistémicos. Los macroinvertebrados bentónicos son uno de los grupos más ampliamente estudiados y aceptados a nivel mundial como indicadores de calidad ecológica de los ecosistemas fluviales (Prat-Fornells *et al.*, 2009).

El dique derivador del sistema de riego en Los Quiroga es una infraestructura de aprovechamiento que provoca discontinuidad longitudinal en el curso fluvial, con potencialidad de modificar la configuración del hábitat entre los tramos de aguas arriba y aguas abajo. Una primera aproximación a sus efectos ecológicos se

puede encontrar en Leiva *et al.* (2017, 2020), donde se detectaron modificaciones de la estructura de la comunidad bentónica, así como de la calidad del agua. Sin embargo, a los fines de proponer herramientas de evaluación ambiental adecuadamente fundamentadas, es necesario profundizar el conocimiento ecológico del sistema, con particular atención a la zona de influencia directa de la infraestructura. Este estudio tiene como objetivo caracterizar la estructura y riqueza de los macroinvertebrados bentónicos aguas arriba y aguas abajo del azud derivador conocido como dique Los Quiroga en el río Dulce, Santiago del Estero, y su relación con variables físico-químicas del agua.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio

El área de estudio se sitúa en el Chaco Semiárido (Brown & Pacheco, 2006), con un clima cálido estacional y temperatura media anual de 21,5 °C. El balance hídrico climático es negativo, la evapotranspiración potencial es de 900 a 1100 mm por año, mientras que las precipitaciones, concentradas en verano, disminuyen de norte a sur entre 750 y 500 mm por año (Rubí Bianchi & Cravero, 2010). El río Dulce pertenece a la cuenca endorreica Salí-Dulce, que se extiende desde la región montañosa andina del norte de Argentina, y desemboca en Mar Chiquita, un lago salino dentro del territorio de la provincia de Córdoba. Las aguas del río fluyen desde el embalse de Río Hondo, gran presa situada en el centro de la cuenca sobre el límite entre las provincias de Tucumán y Santiago del Estero, utilizada como defensa contra las inundaciones, para el almacenamiento de agua y la producción de energía hidroeléctrica. El estudio se llevó a cabo en el área de influencia directa del dique derivador Ing. Carlos Michaud, el cual deriva parte del caudal circulante desde Río Hondo hacia el sistema de riego agrícola del río Dulce, y se ubica en la localidad de Los Quiroga, (27°39'04,9"S, 64°21'49,4"W), provincia de Santiago del Estero. En este trabajo nos referiremos a esta infraestructura tal como es popularmente conocida, dique Los Quiroga.

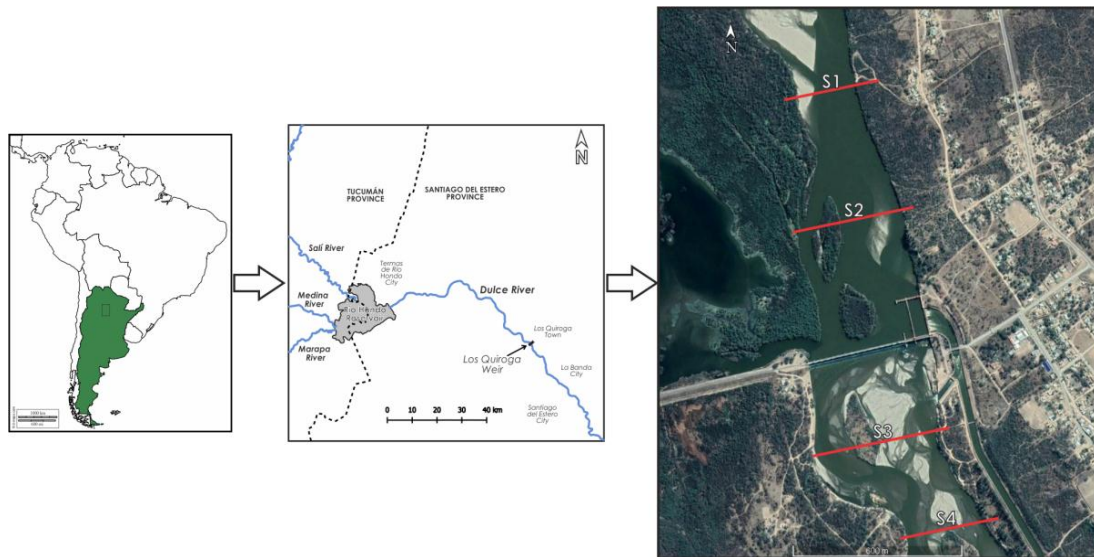


Figura 1. Localización de los sitios de estudio (S1-S4) sobre el eje longitudinal del río Dulce, en el dique Los Quiroga. Fuente de la imagen: Google Earth.

## 2.2. Muestreos

Se realizaron tres muestreos de agua y uno de macroinvertebrados bentónicos en la temporada de invierno de 2019. Se establecieron cuatro transectas de muestro (S1-S4), dos aguas arriba del dique y dos aguas abajo, en un radio aproximado de 1000 m con respecto al dique (Figura 1). Las muestras de agua se tomaron en tres oportunidades, durante los meses de mayo, junio y julio, y de macroinvertebrados solamente un muestreo en el mes de julio. Se tomaron las muestras de agua en el centro de la corriente, y las muestras de macroinvertebrados se tomaron considerando como eje cada transecta, en el margen derecho, margen izquierdo, centro del cauce, y en los casos en que se observó un hábitat potencialmente diferente también se realizó la toma de muestra en dicho punto.

## 2.3. Análisis de aguas

Las variables de calidad de agua se analizaron siguiendo protocolos normalizados (Franson, 1992). Se tomaron medidas básicas de calidad de agua en el campo: pH, conductividad eléctrica (CE) y temperatura ( $T^{\circ}$ ) con equipos digitales. El oxígeno disuelto se fijó en campo y se midió por titulación por método Winkler con modificación de azida (Protocolo 4500-O). Para realizar mediciones en laboratorio se tomaron muestras en botellas de plástico previamente lavadas con HCl

10 %. Se conservaron en recipientes refrigerados para su traslado. Todas las mediciones de campo y muestras para laboratorio se tomaron por duplicado. La alcalinidad se midió en forma de iones de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), y se determinó mediante análisis volumétrico. (Protocolo 2320), los iones de dureza, calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), se determinaron mediante titulación con EDTA (Protocolo 2340C), los iones cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) se determinaron mediante titulación con el método argentométrico (Protocolo 4500-Cl-B), sólidos totales (ST) por secado en estufa a  $103-105^{\circ}\text{C}$  (Protocolo 2540B), el contenido de sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) se determinó por el método turbidimétrico con BaCl por absorción a 420 nm (Protocolo 4500  $\text{SO}_4^{2-}$ -E). Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) se estimaron mediante espectroscopia UV-visible en un espectrofotómetro Shimadzu UV-1800 (Shimadzu Co, Japón), por absorción a 220 nm para los nitratos (Protocolo 4500B), y a 880 nm con el método del ácido ascórbico para fosfatos (Protocolo 4500-PE). El Sodio ( $\text{Na}^+$ ) y el Potasio ( $\text{K}^+$ ) se determinaron por fotometría de llama en un ionómetro Crudo Camaño (Laboratorio Norte, Argentina).

## 2.4. Muestreo de macroinvertebrados bentónicos

Se obtuvieron 14 muestras de macroinvertebrados en los diferentes hábitats potenciales que se pudieron identificar, desde el margen derecho al

margen izquierdo pasando por el centro del cauce, utilizando un muestreador de sedimentos tipo Van Veen (357 cm<sup>2</sup>, fabricación artesanal) y un muestreador tubular tipo Corer (10 cm de diámetro). Para caracterizar los hábitats muestreados se midió profundidad y se evaluó visualmente la composición prevalente del sustrato (arena, cantos, gravas, sedimentos finos) así como la presencia de elementos de heterogeneidad (ramas, raíces). Además, se midió la velocidad de corriente promedio en el sitio, el ancho total y el ancho húmedo y se relevaron datos de caudal aguas arriba y abajo del dique Los Quiroga mediante consulta a la Superintendencia del Sistema de Riego del Río Dulce de la provincia de Santiago del Estero. Se procuró obtener en todas las muestras de bentos un volumen aproximado de 500 cm<sup>3</sup> de sedimento. Se filtraron en campo con un tamiz de nylon de tamaño de poro de 250 μm, se guardaron en frascos plásticos de 1000 cm<sup>3</sup> fijando con formaldehído al 10 % en volumen.

La composición taxonómica de cada muestra fue analizada por separado, a fin de evaluar la variabilidad entre los hábitats muestreados. Se agregó eritrosina para facilitar la visualización de los organismos en el sedimento por tinción, y se dejó reposar las muestras por 5 días para su fijación. Posteriormente fueron lavadas con agua corriente sobre tamiz de nylon de 250 μm y por flotación, colocando las muestras dentro de una bandeja plástica blanca y con agregado de NaCl comercial (sal de mesa) al agua, se separaron los macroinvertebrados del sedimento. A fines de evitar la pérdida de material biológico durante este proceso, el mismo se realizó con 5 repeticiones y se revisó cuidadosamente el sedimento verificando que la separación por flotación resultara efectiva, antes de descartar el mismo. El material recuperado, conteniendo los macroinvertebrados de la muestra, fue guardado en frascos de 100 cm<sup>3</sup> con alcohol 80 %. En una segunda etapa se separó manualmente a los macroinvertebrados de los restos de materiales orgánicos y otros elementos que se recuperaron con la flotación, bajo lupa binocular y se guardaron los organismos presentes en cada muestra en alcohol 80 %. Se separaron en diferentes grupos taxonómicos a partir de la observación de caracteres morfológicos (forma del cuerpo, presencia o ausencia de patas, apéndices caudales, etc.) clasificando los organismos por su pertenencia a los siguientes

grupos: Odonata, Chironomidae, Ceratopogonidae, Collembola, Copepoda, Ostracoda, Gastropoda, Bivalvia, Oligochaeta, Nematoda y otros (en los casos en que no fue posible asignarlo a alguna clase u orden reconocible por los caracteres morfológicos más notorios) y se contabilizaron. Respecto a esta clasificación en grupos taxonómicos, cabe aclarar que se trata de un primer paso en el proceso de identificación taxonómica, y que los resultados aquí presentados constituyen un análisis preliminar de la estructura y riqueza de los ensambles recolectados.

### 2.5. Análisis estadísticos

Con el objeto de caracterizar ambientalmente los sitios se realizaron análisis exploratorios mediante cálculos de medidas resumen y gráficos. Ante la falta de cumplimiento del supuesto de normalidad, se aplicó una prueba de Kruskal-Wallis para evaluar si existieron diferencias significativas para las variables ambientales entre los sitios de aguas arriba y los de aguas abajo. Se utilizó el software InfoStat versión profesional 2018 (Di Rienzo *et al.*, 2018).

Los ensambles de macroinvertebrados se caracterizaron en base a la abundancia y riqueza de los grupos taxonómicos identificados. Los conteos se transformaron a frecuencia relativa porcentual (como porcentaje de cada grupo en el total de cada unidad de muestra). Con el fin de disminuir la colinearidad en el set de datos, se obtuvieron los coeficientes de correlación de Pearson para el conjunto de variables ambientales y se seleccionaron, entre aquellas que presentaran entre sí valores de correlación positiva > 0,75, las que en un Análisis de Componentes Principales presentaron los autovalores más altos. Para analizar la relación entre los ensambles de macroinvertebrados y las variables ambientales seleccionadas se realizó un Análisis de Correspondencias Canónicas utilizando el paquete vegan (Oksanen, 2018) en software R (R Core Team, 2020).

## 3. RESULTADOS

Las aguas fueron alcalinas con un pH de 7,82 (± 0,27); alcalinidad total 166,38 (± 10,98) mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>, dureza total 176,35 (± 18,52) mg.L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> y conductividad de 867,83 (± 86,79) μS.cm<sup>-1</sup>. Los valores de pH y de sulfatos

mostraron diferencias significativas aguas arriba y aguas abajo del dique, en el resto de las variables analizadas las diferencias obtenidas no fueron estadísticamente significativas (Tabla 1).

Tabla 1. Media ± Desviación Estándar y el valor p de la prueba de Kruskal-Wallis para las variables medidas aguas arriba y aguas abajo del dique Los Quiroga. \*Valores de  $p < 0,05$  representan diferencias significativas.

Variable	Aguas arriba	Aguas abajo	p
pH	7,67 ± 0,28	7,96 ± 0,18	0,0072*
T °C	17,13 ± 3,37	17,38 ± 3,66	0,7725
CE $\mu\text{S.cm}^{-1}$	856,5 ± 93,36	879,17 ± 82,17	0,4188
ST $\text{mg.L}^{-1}$	590,33 ± 45,26	600,17 ± 43,8	0,6235
OD $\text{mg.L}^{-1}$	9,04 ± 0,77	9,26 ± 0,65	0,308
Alcalinidad, $\text{mg.L}^{-1}$ de $\text{CaCO}_3$	164,72 ± 12,01	168,04 ± 10,11	0,2834
Dureza, $\text{mg.L}^{-1}$ de $\text{CaCO}_3$	174,38 ± 19,37	178,33 ± 18,26	0,4258
$\text{HCO}_3^-$ $\text{mg.L}^{-1}$	198,61 ± 14,66	203,95 ± 12,82	0,174
$\text{Ca}^{+2}$ $\text{mg.L}^{-1}$	38,02 ± 3,7	39,75 ± 3,47	0,336
$\text{Mg}^{+2}$ $\text{mg.L}^{-1}$	19,44 ± 5,34	19,15 ± 5,87	0,7724
$\text{Na}^+$ $\text{mg.L}^{-1}$	98,84 ± 14,98	98,84 ± 14,98	>0,9999
$\text{K}^+$ $\text{mg.L}^{-1}$	5,64 ± 0,9	5,75 ± 1,03	0,8836
$\text{Cl}^-$ $\text{mg.L}^{-1}$	100,08 ± 7,56	99,98 ± 7,83	0,8846
$\text{SO}_4^{-2}$ $\text{mg.L}^{-1}$	146,09 ± 15,86	134,2 ± 12,36	0,028*
$\text{PO}_4^{-3}$ $\text{mg.L}^{-1}$	0,92 ± 0,13	0,89 ± 0,02	0,9768
$\text{NO}_3^-$ $\text{mg.L}^{-1}$	11,82 ± 1,23	10,95 ± 1,08	0,0688
Velocidad de corriente $\text{m.s}^{-1}$	0,34 ± 0,00	0,39 ± 0,17	0,1230
Profundidad m	107,14 ± 77,4	34,29 ± 19,88	0,0175*
Ancho total m	312,57 ± 86,59	335,00 ± 93,54	0,3328
Ancho húmedo m	188,00 ± 0,00	292,14 ± 40,09	0,0006*
Caudal $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$	129,21 ± 46,59	94,88 ± 73,38	0,0006*

Sin embargo, como se puede observar en la Figura 1, los parámetros evaluados mostraron en general valores ligeramente superiores aguas abajo del dique, con excepción de los sulfatos, fosfatos y nitratos que mostraron una tendencia

contraria. De las variables hidromorfológicas evaluadas en cada sitio, se diferenciaron la profundidad, que resultó mayor aguas arriba, el ancho húmedo que resultó mayor aguas abajo y el caudal que resultó mayor aguas arriba. Aguas arriba también se detectó presencia de ramas y raíces, aporte de hojarasca, en los hábitats de margen principalmente debido a la presencia de mayor cantidad de vegetación de ribera.

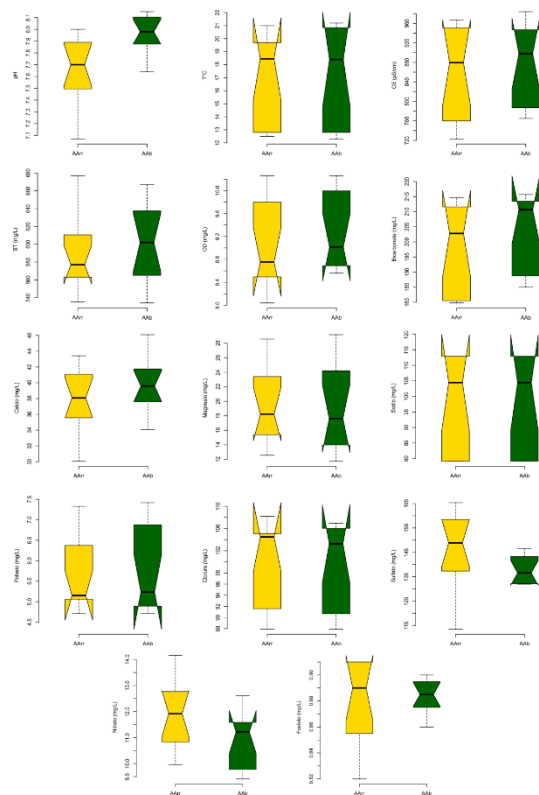


Figura 2. Gráficos de cajas representado la variación de los parámetros de calidad de aguas entre aguas arriba (AAR) y aguas abajo (AAB) del dique Los Quiroga. Las muescas en las cajas muestran el intervalo de confianza alrededor de la mediana (mediana  $\pm 1,57 \times \text{IQR}/\text{cuadrado de } n$ ). Según los métodos gráficos para el análisis de datos (Chambers, 1983), aunque no es una prueba formal, si las muescas de dos cajas no se superponen hay "pruebas sólidas" (95% de confianza) de que sus medianas difieren. Se registró un total de 675 organismos distribuidos en siete unidades muestrales aguas arriba del dique, mientras que aguas abajo se



registraron 388 organismos distribuidos asimismo entre siete unidades muestrales.

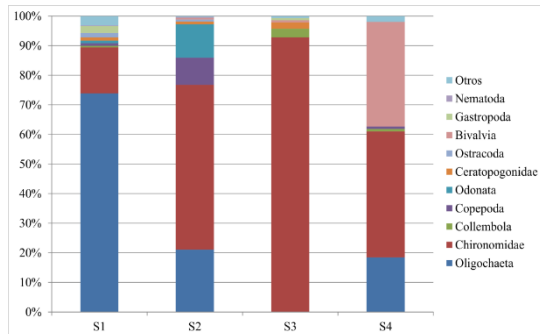


Figura 3. Distribución de los ensambles de organismos aguas arriba (S1-S2) y aguas abajo (S3-S4) del dique.

Todos los hábitats presentaron sedimentos arenosos, diferenciándose principalmente por la profundidad de la columna de agua. Además de la abundancia, también la riqueza de los ensambles resultó superior aguas arriba, donde se registraron

los 11 grupos taxonómicos, siendo más abundante la Clase Oligochaeta. Aguas abajo se registraron 8 grupos (no se registró a Odonata, Ostracoda y Nematoda), siendo más abundante la familia Chironomidae de la Clase Insecta (Figura 3).

En el Análisis de Correspondencias Canónicas (Figura 4), se observa que los sitios de aguas arriba se diferencian por un mayor caudal, presentando la mayor abundancia los taxones Oligochaeta, Nematoda y Ostracoda. Odonata y Copepoda mostraron preferencia por los hábitats con mayor profundidad y velocidad de corriente. Los sitios de aguas abajo, que mostraron un ancho húmedo mucho mayor pero una profundidad notablemente disminuida por la reducción de caudal, así como un mayor contenido de ST, estuvieron principalmente asociados a la abundancia de Chironomidae y Bivalvia. La muestra correspondiente al centro del lecho en el S1 se agrupa por su mayor abundancia de Chironomidae con los sitios de aguas abajo.

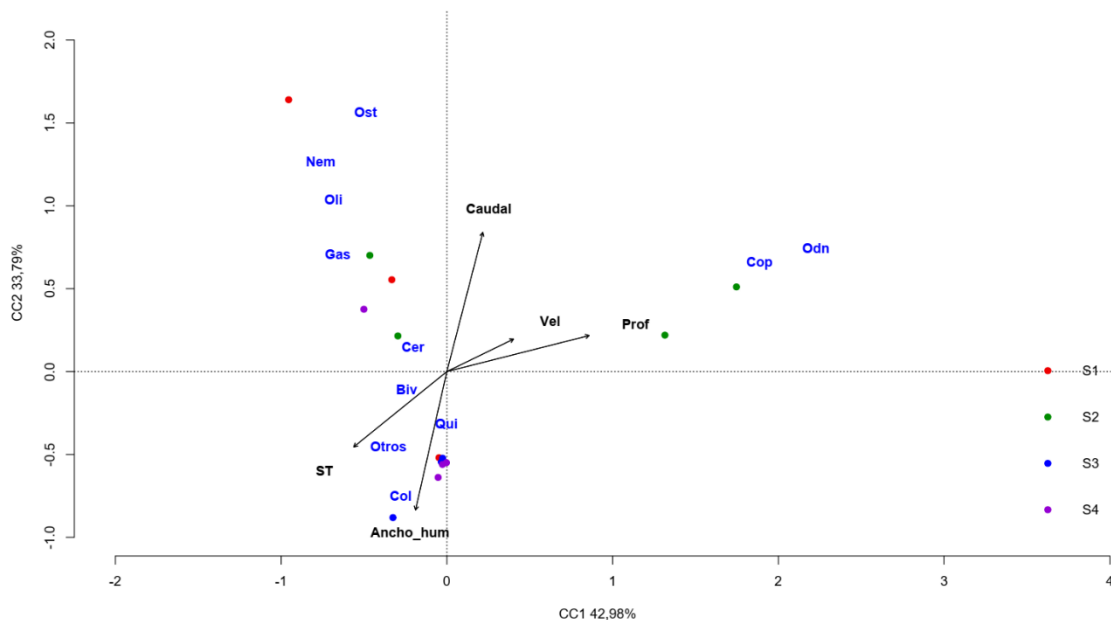


Figura 4. Análisis de Correspondencias Canónicas representando la relación entre los ensambles de macroinvertebrados y las variables ambientales.

#### 4. DISCUSIÓN

Se puede inferir que el dique produce efectos menores sobre la calidad del agua, pero influye

marcadamente sobre la estructura y riqueza de los ensambles de macroinvertebrados bentónicos. Los valores medios de los parámetros de calidad

de aguas registrados son consistentes con lo reportado en trabajos anteriores realizados sobre el sistema fluvial (Leiva *et al.*, 2018), y en otros estudios sobre la Cuenca Salí-Dulce (Isasmendi *et al.*, 2007). Las aguas se caracterizan con una tendencia ligeramente básica que coincide también con estudios geoquímicos en la cuenca, en la cual abundan los materiales de origen sedimentario (Fernández e Hidalgo, 2011), como es el caso de la Formación Río Salí, caracterizada por limolitas, arcilitas, calizas y yeso; que pueden explicar el aumento de las concentraciones de iones sulfato, calcio e hidrógeno, en función de la disolución del yeso (Rolandi *et al.*, 2011).

Se observa una disminución en algunos parámetros de calidad de aguas abajo del dique. La reducción artificial de caudales suele causar una disminución de la velocidad de corriente, de la profundidad de la columna de agua y del ancho húmedo; aumento de la sedimentación; y cambios en el régimen térmico y la química del agua (Dewson *et al.*, 2007). La diferenciación de los ensambles de macroinvertebrados entre los sitios de muestreo aguas arriba y aguas abajo, también es consistente con numerosos estudios. Mueller *et al.*, 2011 describen como las presas y diques provocan cambios en los ensambles de invertebrados, perifiton y macrófitas; Krajenbrink *et al.*, 2019 expresan que las presas modifican una amplia gama de factores abióticos y bióticos.

Aguas abajo disminuyó el número de grupos taxonómicos, presumiblemente relacionado a la menor diversificación de hábitats entre los tramos, ya que aguas arriba hay tanto hábitats someros como profundos, y presencia de abundante vegetación de ribera que provee ingreso de materia orgánica, ramas, raíces, al curso de agua. Estudios precedentes establecieron que los quironómidos y oligoquetos son dominantes en el río Dulce, siendo la morfología del curso fluvial y la granulometría del sustrato variables determinantes para la distribución de los taxones (Leiva *et al.*, 2020). La diferenciación de la estructura, con dominancia de oligoquetos aguas arriba y de quironómidos aguas abajo también resulta coincidente con estudios anteriores donde se analiza el efecto de la sustracción de caudales en Los Quiroga, aunque sobre tramos más extensos del sistema fluvial (Leiva *et al.* 2017). Aguas abajo del dique, bajo los efectos de la sustracción de caudal que provoca hábitats con menor profundidad y mayor concentración de sólidos predominan los

quironómidos, siendo esta reconocida como una familia bentónica tolerante al estrés ecológico (Salmaso *et al.*, 2017). Bivalvos y odonatos también han sido reportados en trabajos anteriores (Leiva *et al.*, 2017, 2020), aunque siempre en hábitats específicos y no distribuidos ampliamente como ocurre con los quironómidos y oligoquetos.

Se concluye que la presencia del dique influye sobre la estructura taxonómica y riqueza de los ensambles de macroinvertebrados bentónicos, lo cual se evidencia aun a una escala muy gruesa de resolución taxonómica como la utilizada en este trabajo. Debido a la importancia que los ensambles bentónicos tienen para el desarrollo de herramientas de biomonitoreo de calidad de aguas y otros impactos, resulta de interés continuar las investigaciones para establecer con mayor precisión cómo responden a diferentes factores de estrés en el río Dulce. Los próximos estudios se enfocarán en establecer la composición de los ensambles a una resolución taxonómica más fina, y analizar la estructura en relación a la granulometría del sedimento, además de las variables de calidad de aguas.

## 5. AGRADECIMIENTOS

El trabajo se desarrolló en el marco del proyecto 23/B148 (FCF-UNSE) con financiamiento del Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (CICYT-UNSE) y contando la primera autora con una beca Estímulo a las Vocaciones Científicas otorgada por el Consejo Interuniversitario Nacional (Becas EVC-CIN).

## 6. REFERENCIAS

- American Public Health Association. *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*. Ediciones Díaz de Santos S.A., España. 1992.
- Arthington, A. H., Naiman, R. J., McClain, M. E., & Nilsson, C. Preserving the biodiversity and ecological services of rivers: New challenges and research opportunities. *Freshwater Biology*, 55(1), 1–16. 2010.
- Brown, A., & Pacheco, S. Propuesta de actualización del mapa ecorregional de la Argentina. *La situación ambiental argentina 2005* (pp. 28–31). 2005.

- Chambers, J. M., Cleveland, W. S., Kleiner, B. and Tukey, P. A. *Graphical Methods for Data Analysis*, Belmont, CA: Wadsworth. 1983.
- Csiki, Shane, and Bruce L. Rhoads. "Hydraulic and Geomorphological Effects of Run-of-River Dams." *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* 34, no. 6: 755–80. 2010.
- Dewson, Z., James, A. B. W., & Death, R. G. A review of the consequences of decreased flow for instream habitat and macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 26(3), 401–415. 2007.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W. *InfoStat* 2018. 2018.
- Fernández, D.S., Hidalgo, M. del V. Análisis geoquímico ambiental de la Cuenca del río Lules mediante el uso de muestras de sedimentos de corriente, en: Fernández, H.R., Barber, H. (Eds.), *La Cuenca Del Río Lules: Una Aproximación Multidisciplinaria a Su Complejidad*. pp. 33–46. 2011.
- Isasmendi, S. C., Tracanna, B. C., Vendramini, F. H., Navarro, M. G., Barrionuevo, M. A., & Meoni, G. S. Caracterización física y química de ríos de montaña (Tafí del Valle-Tucumán-Argentina). *Limnetica*, 26 (1): 129-142. 2007.
- Krajenbrink, H. J., Acreman, M., Dunbar, M. J., Hannah, D. M., Laizé, C. L. R., & Wood, P. J. Macroinvertebrate community responses to river impoundment at multiple spatial scales. *Science of the Total Environment*, 650, 2648–2656. 2019.
- Leiva, M., Ledesma, A., Wottitz, A., Diodato, L. Evaluación físico-química de calidad de aguas del río Dulce, Santiago del Estero. Libro de resúmenes de las XIII Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA. Pp. 327. 2018.
- Leiva, M., Marchese, M., & Diodato, L. Structure, distribution patterns and ecological responses to hydrological changes in benthic macroinvertebrate assemblages in a regulated semi-arid river: baseline for biomonitoring studies. *Marine and Freshwater Research*, Online, 1–13. 2020.
- Leiva, M., Marchese, M., Diodato, L., & Tévez, H. Assessing disruption of longitudinal connectivity on macroinvertebrate assemblages in a semiarid lowland river. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 29. 2017.
- Mueller, M., Pander, J., & Geist, J. The effects of weirs on structural stream habitat and biological communities. *Journal of Applied Ecology*, 48(6), 1450–1461. 2011.
- Oksanen, J., G. Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. Mcglinn, P.R. Minchin, R.B. O'hara, G.L. Simpson, P. Solymos, M. Henry, H. Stevens, E. Szoecs & H. Wagner. *Vegan: Community Ecology Package*, GitHub.R package version 2.5-2, The Comprehensive R Archive Network. <https://github.com/vegandevs/vegan>, <https://cran.r-project.org>. 2018.
- Prat-Fornells, N., Ríos, B., Acosta, R., & Rieradevall, M. *Los Macroinvertebrados Como Indicadores De Calidad De Las Aguas*. En: Domínguez, E. y Fernández, H.R. (Eds.) *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos*: pp. 631-654. Tucumán, 2009.
- R CORE TEAM. The R Project for Statistical Computing. R: A language and environment for statistical computing. <https://www.r-project.org/>. 2020.
- Rolandi, M. L., Galindo, M. C., Fernandez, H. R., & Hidalgo, M. del V. *Equilibrios de solubilidad en la Cuenca Media del Río Lules*. En: H. R. Fernández & H. M. Barber (Eds.), *La cuenca del Río Lules: una aproximación multidisciplinaria a su complejidad* (pp. 47–59). 2011.
- Rothenberger, M. B., Hoyt, V., Germanoski, D., Conlon, M., Wilson, J., & Hitchings, J. A risk assessment study of water quality, biota, and legacy sediment prior to small dam removal in a tributary to the Delaware River. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(7). 2017.
- Rubí Bianchi, A., & Cravero, S. A. C. Atlas climático digital de la república argentina. *Ediciones INTA-Estación Experimental Agropecuaria Salta*: vol. 51. 2010.
- Salmaso, F., Crosa, G., Espa, P., Gentili, G., Quadroni, S., & Zaccara, S. Benthic macroinvertebrates response to water management in a lowland river: effects of hydro-power vs irrigation off-stream diversions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(1). 2017.