



Fundación
Miguel Lillo
Tucumán
Argentina

doi

El estado ecológico de ríos de Alijilán, Catamarca, Argentina

Ecological status of rivers in Alijilán, Catamarca, Argentina

Lourdes Mariel Inga Quarín¹; Hugo Rafael Fernández^{1,2};
Ana Lucía González Achem^{3*}

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Catamarca. Av. Máximo Victoria 55, (4700) San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca, Argentina.

² Facultad de Ciencias Naturales e IML, UNT. Miguel Lillo 205, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina.

³ Instituto de Entomología, Área Zoología, Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina.

* Autor de correspondencia: <algonzalez@lillo.org.ar>

Resumen

Los sistemas agrícolas son abastecidos por el agua de los ecosistemas lóticos con una dinámica compleja en la que las alteraciones (sales, metales, compuestos orgánicos, etc.) impactan directamente en la calidad del agua de riego. Conocer el estado ecológico de los ríos permite diagnosticar sus condiciones para tomar decisiones. El río Alijilán y el río de la Aguada abastecen a los sistemas de riego integrado por Alijilán-Manantiales (y su presa) y del Diquecito de la localidad de Alijilán, Catamarca. El objetivo de este trabajo es evaluar el estado ecológico en tramos seleccionados de ambos ríos y sus canales de riego. En cada río se eligieron 5 puntos de muestreo. Se colectaron macroinvertebrados bentónicos con red tipo D, por triplicado. Se midieron sólidos totales, turbidez, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto y se colectaron muestras de agua para análisis de iones mayoritarios. Los índices Biological Monitoring Working Party (BMWP'), índice Biótico de las Yungas basado en 4 taxones (IBY-4) y el análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS) se aplicaron en macroinvertebrados, y diagrama de Piper, análisis de componentes principales (PCA) y relación de adsorción de sodio (RAS) para datos físicoquímicos.

► Ref. bibliográfica: Inga Quarín, L. M.; Fernández, H. R.; González Achem, A. L. 2026. "El estado ecológico de ríos de Alijilán, Catamarca, Argentina". *Acta Zoológica Lilloana* 70 (2): 625-648. DOI: <https://doi.org/10.30550/j.azl/2377>

► Recibido: 20 de marzo 2026 – Aceptado: 8 de junio 2026.

► URL de la revista: <http://actazoologica.lillo.org.ar>

► Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.



OPEN ACCESS

Los datos señalan que el sistema de riego del Diquecito presenta mejor estado ecológico que el sistema Alijilán-Manantiales; registrándose similitudes con trabajos realizados anteriormente. Siendo el sistema Alijilán-Manantiales el principal abastecedor de agua para cultivos, resulta necesario prestar atención al contexto ecológico para así poder tomar medidas que eviten el agravamiento de la situación.

Palabras clave: Macroinvertebrados, bioindicadores, hidrología, presas, riego.

Abstract

Agricultural systems are supplied by water from lotic ecosystems with complex dynamics in which alterations (salts, metals, organic compounds, etc.) directly impact the quality of irrigation water. Understanding the ecological state of rivers allows for diagnosing their conditions and making informed decisions. The Alijilán and Aguada rivers supply the Alijilán-Manantiales integrated irrigation system (and its dam) and the Diquecito irrigation system in the town of Alijilán, Catamarca. The objective of this study is to evaluate the ecological integrity of selected sections of both rivers and their irrigation canals. Five sampling points were chosen for each river. Benthic macroinvertebrates were collected in triplicate using a D-net. Total solids, pH, electrical conductivity, and dissolved oxygen were measured, and water samples were collected for major ion analysis. The Biological Monitoring Working Party (BMWP) index, the Yungas Biotic Index based on four taxa (IBY-4), and non-parametric multidimensional scaling analysis (NMDS) were applied to macroinvertebrates, while Piper diagrams, principal component analysis (PCA), and sodium adsorption ratio (RAS) were used for physicochemical data. The data indicate that the Diquecito irrigation system exhibits better ecological state than the Alijilán-Manantiales system, showing similarities to previous studies. Given that the Alijilán-Manantiales system is the main water source for crops, it is necessary to consider the ecological context in order to implement measures to prevent the situation from worsening.

Keywords: Macroinvertebrates, bioindicators, hydrology, dams, irrigation.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional y las respuestas físicas, químicas y/o biológicas generadas por las acciones del ser humano sobre el agua tienen consecuencias sociales y conducen a nuevos planteos acerca de nuestra relación con ella (Rocha et al. 2020). Conociendo la complejidad del agua, su tratamiento y la manipulación de los ecosistemas proveedores deben ser meticulosos con el fin de no perder de vista su totalidad en carácter de recurso (Grizzetti y Poikane, 2024). Esto es particularmente importante cuando sabemos que las presas de agua y sus embalses son el principal método para lograr la disponibilidad de agua en una cuenca. La cuenca Salí-Dulce-Mar Chiquita destaca especialmente porque aumentó en un 310 % la disponibilidad de agua con embalses comparado con el resto de cuencas sudamericanas entre 1960-1999 (Paredes-Beltrán et al. 2021).

Cuando el agua de las precipitaciones no es suficiente para abastecer a los cultivos, debe ser suplementada artificialmente con el riego. Esto se relaciona con dos problemáticas vitales para la humanidad que son inseparables y cada vez más críticas: la provisión de alimentos de manera sostenida y el acceso al agua segura. Por esto, resulta imprescindible la ejecución de una gestión eficiente de los bienes naturales, permitiendo que las actividades productivas y sus resultados (ingresos, beneficios e impactos) sean duraderos en el tiempo y por otra parte que los bienes de base (suelo y agua) no sean deteriorados y mantengan su capacidad productiva (Callejo et al, 2009; Lorite et al, 2009).

El riego contribuye decisivamente en la reducción del impacto de las variaciones climatológicas sobre los cultivos, por lo que el uso eficiente de los sistemas de riego tiene una importancia significativa. El principal problema de los sistemas de riego radica en la elevada demanda de agua para consumo, en la baja eficiencia de los procesos de conducción y distribución de la misma y en la afectación por contaminación del recurso (Hernández López et al, 2020; Magliano et al, 2024).

Entre estos desafíos, es de nuestro interés el relacionado a los impactos ambientales negativos sobre los ecosistemas acuáticos que proveen el bien para riego. A su vez la agricultura bajo riego produce alteraciones en suelos y aguas subterráneas, su sobreuso ocasiona la sobreexplotación de acuíferos, erosión y/o anegamiento (Fernández Cirelli, 2009). La calidad del agua utilizada para riego puede presentar toxicidad para los cultivos, por lo tanto, debemos observar la capacidad de recuperación de los ecosistemas proveedores para la creación de soluciones ante estos impactos (Guevara et al, 2025). Por ello usamos el estado ecológico, una de las mediciones o evaluaciones para determinar si la integridad ecológica está siendo mantenida o si ha sido alterada (Fernández, 2017; Gómez et al, 2020).

Dentro de la localidad de Alijilán encontramos los sistemas de riego de Alijilán-Manantiales y del Diquecito (La Aguada). Estos abastecen a más de 23,35 km² de producción agrícola. Sus principales cultivos son hortícolas como el pimiento, zanahoria, calabaza, papa, cebolla, tabaco, trigo, alfalfa, avena, maíz, sorgo y frutales (Aranibar y Niederle, 2010 P. Robles, comunicación personal; 9 de agosto de 2024).

En este marco, este trabajo tiene como objetivo caracterizar y determinar el estado ecológico de dos ríos de la localidad de Alijilán, Catamarca, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y comunidades de macrobentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La localidad de Alijilán, Catamarca, se ubica dentro del Departamento Santa Rosa. Posee dos ríos: el río Alijilán y el río de La Aguada que nacen en el extremo norte de la sierra de Ancasti (Aceñolaza y Toselli, 1977) y se encuentran dentro de los 3.482 km² de superficie que ocupa Catamarca en la Cuenca Salí-Dulce. Esta localidad se ubica dentro de la ecorregión de las Yungas, específicamente dentro de la Selva Pedemontana y representa un sistema de interacción entre las húmedas Selvas de Montaña (Yungas) en las laderas de las montañas y el xerófilo Bosque Chaqueño en las áreas planas con más del 70% de especies arbóreas caducifolias (Perea et al., 2007). Alijilán posee un clima subtropical serrano con estación seca, con un invierno frío y seco, verano templado y húmedo, con precipitaciones que oscilan entre los 800 y 1.200 mm anuales (Sauzuk, 2024).

Sistema de riego Alijilán-Manantiales.— Este sistema gestiona el río de Alijilán mediante el dique de La Cañada, formado por un arco de hormigón simple de radio variable con un estribo de gravedad de 33,5 m de altura y 137,6 m de longitud de coronamiento y una torre cilíndrica con compuerta de fondo y dos válvulas esclusas con descarga en túnel sección herradura y una válvula de emergencia en el campo del dique. Por debajo del arco de hormigón se encuentra un azud de 4m de altura que contiene el agua dirigida a los canales (Fig 1). La zona de riego cuenta con 48 km canalizados que se extiende desde la salida de la presa hasta la localidad de Manantiales a 5 km. Actualmente, abastece a 217 regantes, abarcando una superficie de 400 ha aproximadamente (Gobierno de Catamarca, 1961; Ibañez F, comunicación personal, 23 de julio de 2024).

Sistema de riego del Diquecito (La Aguada).— Este sistema gestiona el río de La Aguada mediante un dique nivelador con una toma a rejas sobre el coronamiento, del cual se desprende un canal principal de 150 m (Fig 2).

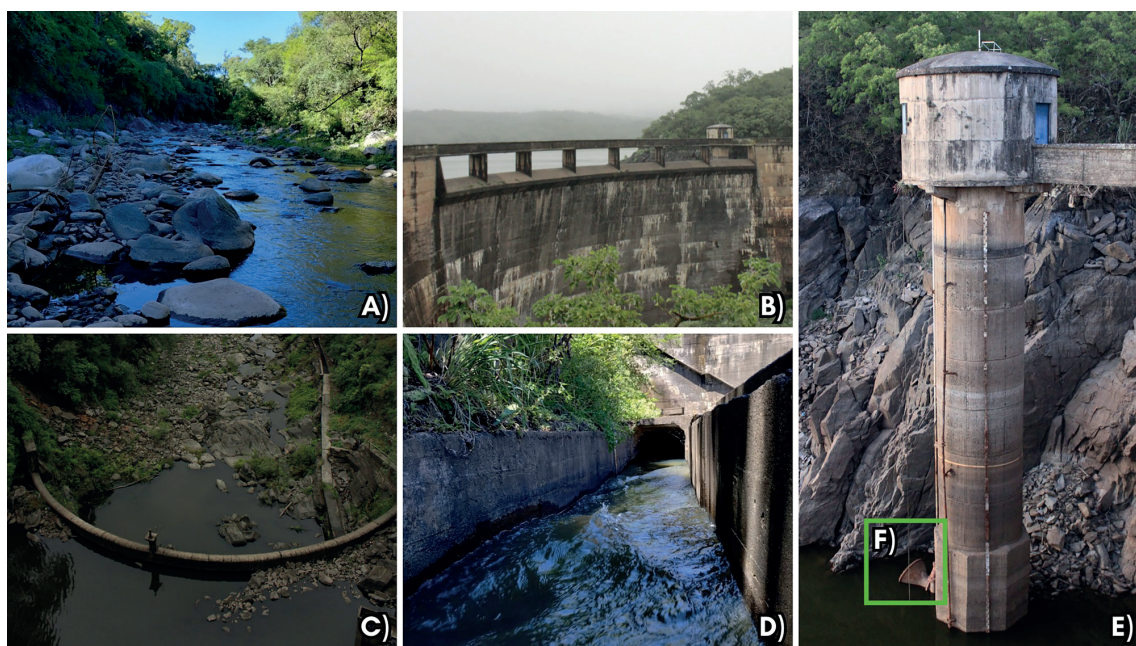


Figura 1. Sistema de riego de Alijilán-Manantiales. A) Río Alijilán (PM1, Fig 3A). B) Arco de hormigón de la presa. C) Azud (ver detalle en Fig. 3A). D) Canal de riego principal. E) Torre cilíndrica. F) Toma de agua (visible en periodo de baja notable de agua como durante este estudio).

Figure 1. Alijilán-Manantiales irrigation system. A) Alijilán River (PM1, Fig. 3A). B) Concrete dam arch. C) Weir (see detail in Fig. 3A). D) Main irrigation canal. E) Cylindrical tower. F) Water intake (visible during periods of notably low water levels, such as during this study).



Figura 2. Sistema de riego del Diquecito (La Aguada). A) Río de La Aguada (PM2, Fig. 3B). B) Presa niveladora. C) Toma de agua con rejas. D) Canal de riego principal (PM3, Fig. 3B).

Figure 2. Diquecito (La Aguada) irrigation system. A) La Aguada River (PM2, Fig. 3B). B) Leveling weir. C) Water intake with trash racks. D) Main irrigation canal (PM3, Fig. 3B).

Inicialmente, esta obra pretendía conectar el canal con un embalse ubicado a 1 km del dique nivelador para aumentar el abastecimiento de agua, al no concretarse ese propósito, actualmente el canal se conecta con una acequia principal que recorre más de 2,7 km de la cual se desprenden otras acequias que abastecen a 32 regantes de la zona de “La Aguada” (aproximadamente 0,30 km²). (F. Ibañez, comunicación personal, 24 de junio de 2024; y, 23 de julio de 2024; P. Robles, comunicación personal, 9 de agosto de 2024; Barrientos J, comunicación personal, 12 de agosto de 2024).

Colecta de muestras de agua y de macroinvertebrados bentónicos

Se seleccionaron 5 puntos de muestreo en cada sistema de riego, 2 en el cauce principal del río antes de la llegada a las presas, 2 después de las mismas y 1 en los canales que se encontraban regando en el momento del estudio (Fig. 3) donde se tomó solamente muestra de agua para análisis químico en laboratorio.

Para el estudio de macroinvertebrados bentónicos se utilizó una red D con una apertura de poro de 0,3 mm , recorriendo el río durante 3 minutos. Se colectaron 3 réplicas por sitio, pateando desde el margen hasta el centro del cauce. El material fue conservado en alcohol etílico 98% para su posterior separación e identificación en laboratorio. La identificación taxonómica de los individuos se realizó usando las claves de Domínguez y Fernández (2009) en el área Zoología en la Fundación Miguel Lillo en San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

Para el estudio de parámetros físico químicos del cuerpo de agua se emplearon: conductímetro (Pocket Pro+ Multi 1 Tester) para conductividad eléctrica; analizador multiparamétrico marca HORIBA, modelo U-52 para medir pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez. La velocidad de la corriente fue determinada mediante el tiempo promedio, en segundos, que tardaron 5 objetos flotantes en recorrer 3 m. Se tomaron muestras de agua para medir iones mayoritarios, sólidos totales, turbidez, materia orgánica, nitrógeno como nitrato. Las muestras fueron procesadas en el laboratorio del GIGA (Grupo de investigación en geología ambiental) de la Facultad de Ciencias Naturales e IML (Universidad Nacional de Tucumán).

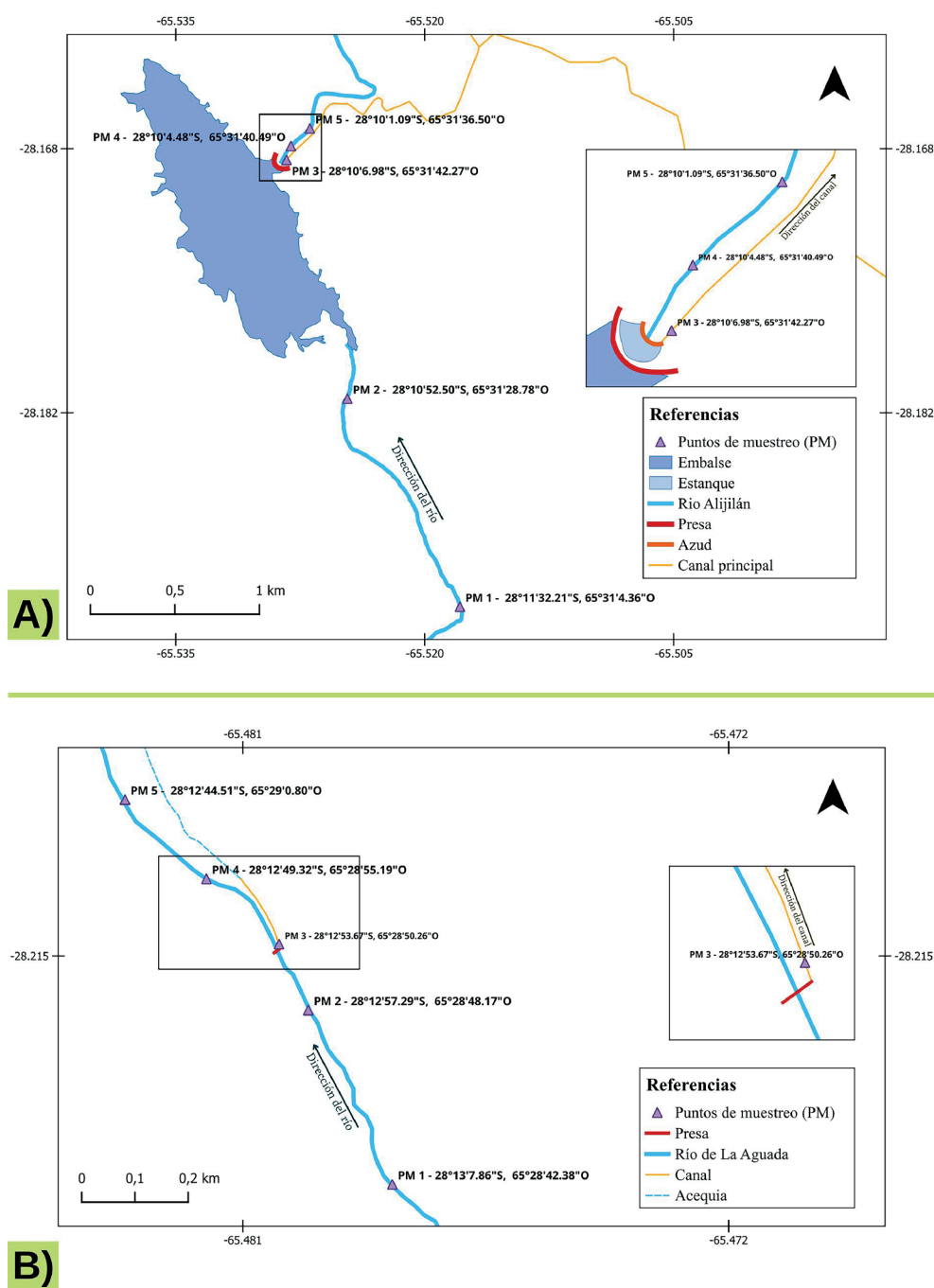


Figura 3. A) Puntos de muestreo en el sistema de riego Alijilán-Manantiales. B) Puntos de muestreo en el sistema de riego del Diquecito (La Aguada).

Figure 3. A) Sampling points in the Alijilán-Manantiales irrigation system. B) Sampling points in the Diquecito (La Aguada) irrigation system.

Análisis de datos

La evaluación de la estructura comunitaria (riqueza y abundancia), se procesó mediante la confección de matrices con datos de identificación taxonómica y cuantificación, estos permitieron asignar un puntaje a cada taxón para aplicar el índice de Biological Monitoring Working Party (BMWP') (Domínguez y Fernández, 1998) y el índice Biótico de las Yungas basado en 4 taxones (IBY-4) (Dos Santos, 2015) a fines de cuantificar el grado de alteraciones en cada punto de muestreo en base a bioindicadores de calidad del agua.

Las curvas de rango-abundancia (o diagramas de Whittaker) son gráficos utilizados en ecología para representar la biodiversidad de una comunidad. Ordenan las especies de mayor a menor abundancia en el eje horizontal y muestran su proporción o porcentaje en el eje vertical, generalmente en escala logarítmica. Se realizaron curvas para ambos sistemas lóticos mediante Plantilla Excel.

A partir de la abundancia de macroinvertebrados bentónicos se realizó un ordenamiento multivariado (NMDS) y un Análisis de Componentes Principales (PCA) en relación con las variables ambientales medidas mediante con el uso del software de estadística R versión 4.4.0 (R Core Team, 2024). A fines de optimizar el comportamiento de los puntos en el gráfico, se excluyeron las muestras de agua de los canales de riego (diq PM3 y DI PM3) para este último análisis.

RESULTADOS

Se colectaron 722 individuos en total, de los cuales el sistema Alijilán-Manantiales tuvo 203 individuos (Anexo 1) y una riqueza de 34 taxones (9 órdenes, 20 familias y 26 géneros) predominando el orden Diptera. En contraparte, el sistema del Diquecito tuvo una abundancia de 519 individuos (Anexo 2) y una riqueza de 39 taxones (12 órdenes, 24 familias y 28 géneros). La figura 4 muestra las comunidades de macroinvertebrados bentónicos ordenadas según la dominancia de sus taxones. Nótese que en ambos casos los grupos dominantes son subgrupos de Chironomidae.

Cabe destacar que, en las comunidades de ambos sistemas, los individuos del orden Acari se encontraban mayormente en estado adulto, con sólo una ninfa registrada. Lo contrario ocurrió con los individuos de la familia Staphylinidae y Elmidae (*Austrelmis*, *Cylloepus*, *Macrelmis*), con mayoría de larvas, pero también se encontraron adultos.

Los valores obtenidos en campo y laboratorio de parámetros fisicoquímicos de todos los sitios se encuentran disponibles en los Anexos 3 y 4.

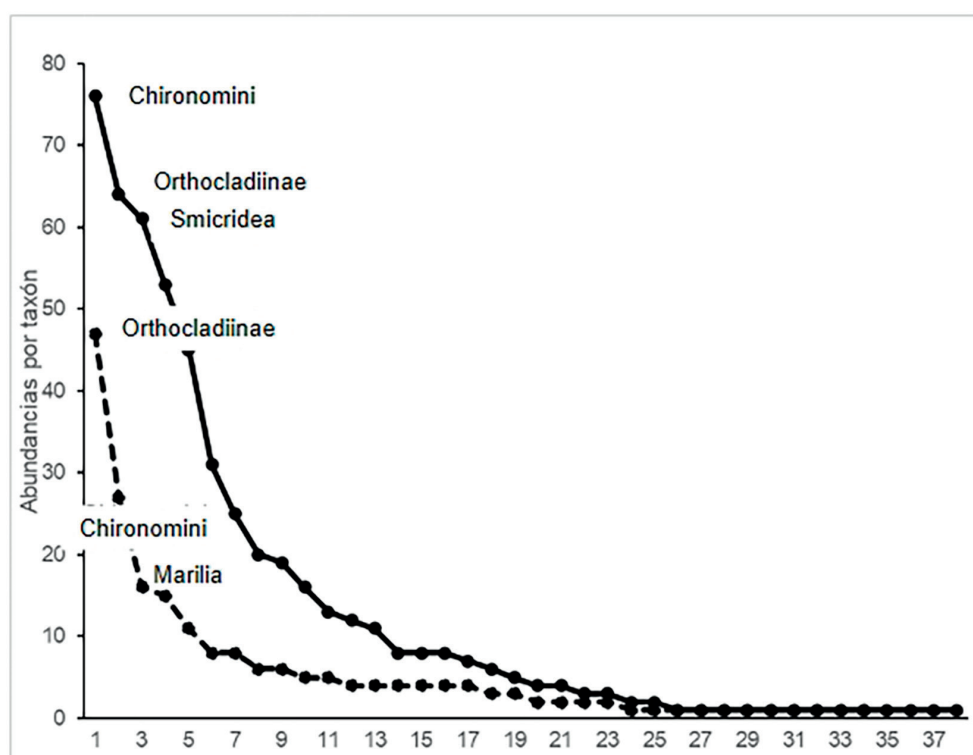


Figura 4. Ranking abundancia-taxones en cada sitio de muestreo (Dique línea cortada, Diquecito línea continúa).

Figure 4. Abundance-taxon ranking at each sampling site (Dique: dashed line; Diquecito: solid line).

Los valores obtenidos con el índice de BMWP' en ambos sistemas de riego se muestran en la Tabla 1, estos reflejan alguna diferencia entre ambos. Nótese que los puntos debajo de la presa del Sistema de riego Alijilán-Manantiales son los más alterados, mientras que el Sistema de riego del Diquecito presenta aguas no contaminadas en todos los puntos de muestreo.

El índice Biótico de las Yungas (IBY-4) aplicado (Tabla 2) se complementa con los valores obtenidos de BMWP'. Ningún punto de muestreo obtuvo un puntaje de 4 ya que no se registraron individuos del orden Plecoptera. Cabe aclarar que, si bien el índice se expresa en "calidad" como grados de contaminación, éstos deben interpretarse más bien como impactos en el sistema.

El NMDS aplicado con un valor de stress de 0,045 indica que la distancia Bray-Curtis fue bien representada. Existe una correlación positiva entre los taxones registrados y sus abundancias, marcando un contraste entre ambos sistemas de riego. Las comunidades presentes en el sistema del Diquecito son más homogéneas que las del sistema Alijilán-Manantiales (Fig. 5), dentro de éste, se destaca la disimilitud que presenta la comunidad del PM5 con respecto al resto

Table 1. Valores de BMWP' en ríos.

Tabla 1. BMWP' values in rivers.

Sistema de riego	Sitio	Clase	Calidad	Valor de BMWP'	Color
Alijilán – Manantiales	PM1	I	Aguas muy limpias, no contaminadas	64	
	PM2	I	Aguas muy limpias, no contaminadas	64	
	PM4	III	Aguas contaminadas	23	
	PM5	V	Aguas fuertemente contaminadas	6	
Diquecito	PM1	I	Aguas muy limpias, no contaminadas	93	
	PM2	I	Aguas muy limpias, no contaminadas	44	
	PM4	I	Aguas muy limpias, no contaminadas	83	
	PM5	I	Aguas muy limpias, no contaminadas	82	

Tabla 2. Valores de IBY-4 en ambos sistemas de riego.

Table 2. IBY-4 values in both irrigation systems.

Sistema de riego	Sitio	Calidad	Valor de BMWP'	Color
Alijilán – Manantiales	PM1	Contaminación media a buen estado	2	
	PM2	Contaminación media a buen estado	2	
	PM4	Contaminación media a buen estado	2	
	PM5	Muy contaminado a contaminado	0	
Diquecito	PM1	Contaminación media a buen estado	3	
	PM2	Muy contaminado a contaminado	1	
	PM4	Contaminación media a buen estado	3	
	PM5	Contaminación media a buen estado	3	

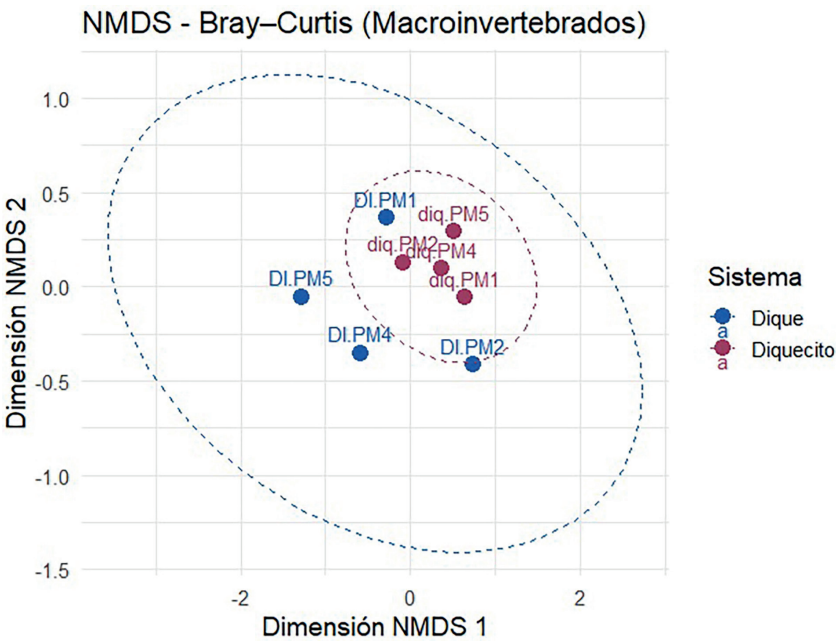


Figura 5. NMDS de macroinvertebrados usando la distancia de Bray–Curtis. No se incluyen estaciones PM3 por provenir de canales de riego hormigonados sin organismos bentónicos.

Figure 5. NMDS of macroinvertebrates using Bray–Curtis distance. PM3 stations are excluded because they originate from concrete-lined irrigation canals lacking benthic organisms.

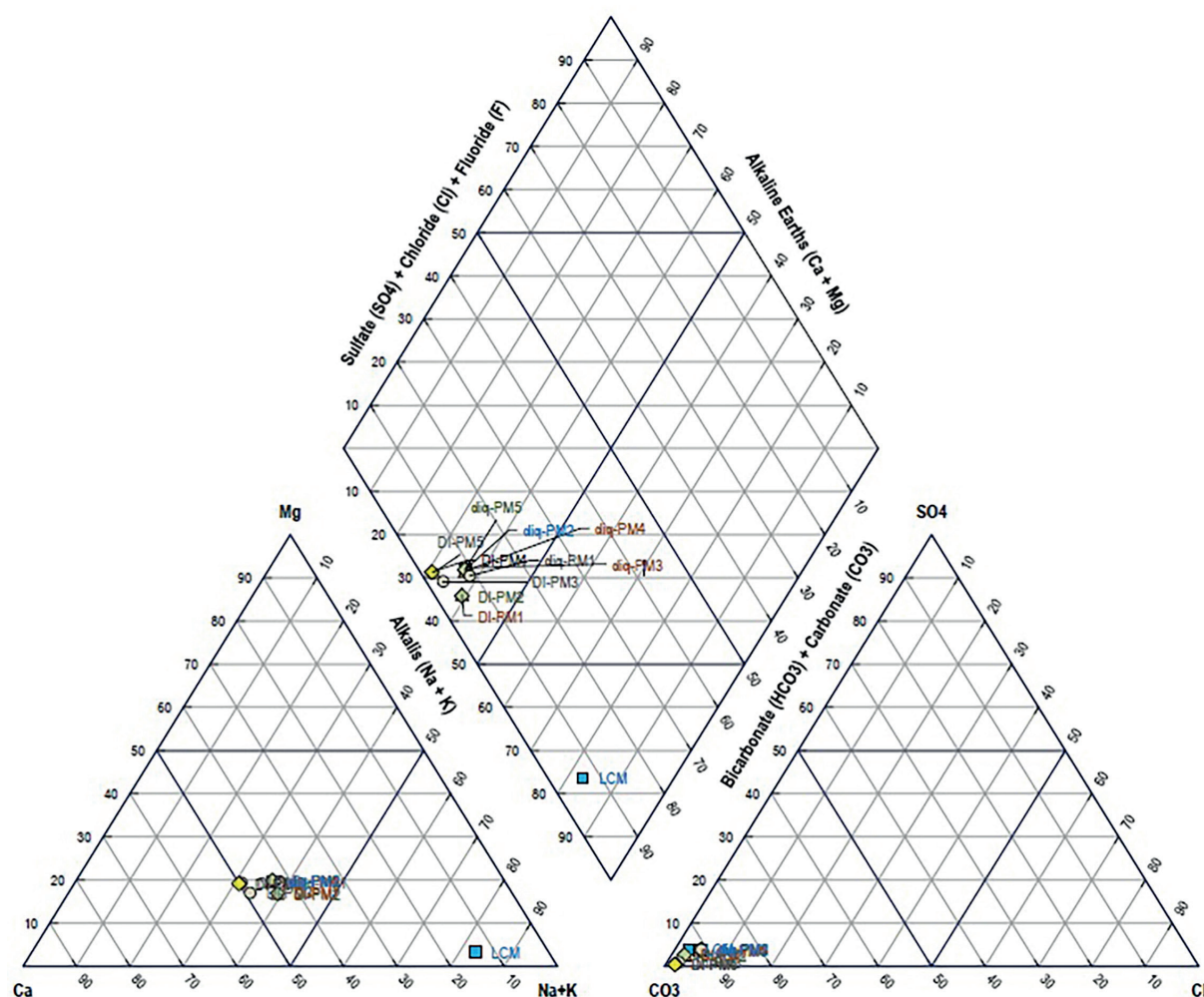


Figura 6. Diagrama de Piper. Se observa la caracterización de los sitios en función de su sal soluble predominante.

Figure 6. Piper diagram. The characterization of the sites based on their predominant soluble salt is shown.

El diagrama de Piper (Fig. 6) demuestra que el agua de ambos sistemas de riego es bicarbonatada sódica. Con predominio de $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ entre los cationes y HCO_3^- entre los aniones. Dentro del Sistema de riego del Di-quecito se observa una mayor agrupación entre las muestras.

El PCA (Fig. 7), muestra que el eje x (Dim 1) se relaciona con variables de profundidad, sólidos totales y temperatura, formando un gradiente de mineralización y representa el 56,8% de la explicación del ordenamiento. Mientras que el eje y (Dim 2) se vincula con variables físicas como ancho del cauce, nutrientes, conductividad eléctrica, junto con oxígeno disuelto (con el 22,9% de la explicación). Nótese la ubicación en el gráfico de los puntos Di PM 4 y Di PM 5, ubicados debajo de la presa del Sistema de riego Alijilán-Manantiales, que se encuentran separados entre sí y del resto de los sitios.

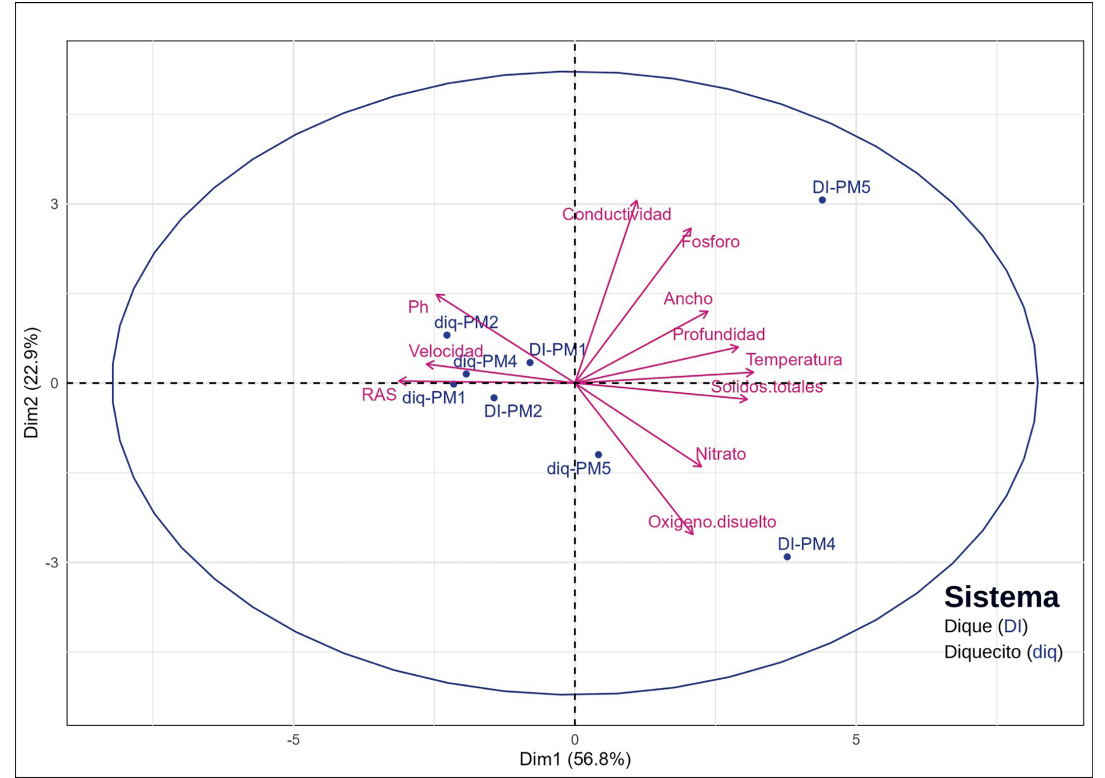


Figura 7. Agua de los sistemas estudiados. Plot del análisis de componentes principales (PCA).

Figure 7. Water from the studied systems. Principal Component Analysis (PCA) plot.

La Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2024) considera que aguas por debajo de los 4 mEq/l son aptas para riego porque representan un riesgo menor de salinidad en los cultivos. Esto es compatible con el criterio de la FAO (1977), que considera que valores por debajo de los 3 mEq/l no merecen ninguna restricción de uso. En el sistema de riego Alijilán-Manantiales se destaca el bajo valor de RAS del PM4 y 5 por su elevado valor de calcio (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de RAS de cada muestra de agua.

Table 3. SAR values for each water sample.

Sistema de riego	Sitio	RAS (mEq/l)
Alijilán	PM1	1,76
	PM2	1,44
	PM3	1,07
	PM4	0,99
	PM5	1,01
Diquecito	PM1	1,45
	PM2	1,34
	PM3	1,34
	PM4	1,34
	PM5	1,33

DISCUSIÓN

Las presas de agua de gran tamaño, definidas por la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) como aquellas con una altura mínima de 15 m, o de 5 a 15 m, pero, con capacidad de 3 Hm³, fueron objeto de estudio a lo largo del tiempo en distintas partes del mundo. En contraparte, el impacto ambiental de las presas de menor tamaño también ha sido estudiado por múltiples autores debido a su abundancia. De igual manera, ambos casos reportaron diferencias en su química y biología antes y después de las presas, es decir; aguas arriba y abajo (Mbaka et al, 2015; Wang et al, 2019). En este caso, los resultados obtenidos en el análisis NMDS muestran claramente que las presas de gran tamaño tienen un impacto ambiental detectable en las comunidades de macroinvertebrados en ríos de Alijilán. Se puede notar en la figura la posición por fuera de las muestras aguas abajo del sistema de riego Alijilán-Manantiales comparado con las muestras del sistema de riego del Diquecito, que no registran mayor diferencia, a causa de la estructura de las comunidades alterada drásticamente.

En el caso de presas de gran tamaño, Zhang (et al, 2024) y Zhang (et al, 2021) remarcan la disminución y/o ausencia de taxones sensibles (principalmente del grupo EPT: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) por debajo de las presas. El sistema de riego Alijilán-Manantiales responde a este patrón, las comunidades de macroinvertebrados registradas decrecen aguas abajo, tanto en riqueza como en abundancia (25 géneros y 169 individuos presas arriba; 5 géneros y 34 individuos presas abajo). La predominancia del orden Diptera (Chironomini, Orthocladiinae, Tanypodinae) y la disminución de taxones sensibles (Elmidae, Odonata, Leptohyphidae, entre otros) aguas abajo reflejan el aumento de perturbaciones observables (eutrofización, aporte de sedimentos o cambios hidromorfológicos). Si bien los dípteros se encuentran presentes en todo el sistema, por debajo de la presa su abundancia decrece drásticamente. Tratándose de un taxón con mayoría de formas resistentes a diversas condiciones ambientales; la velocidad nula del caudal, la elevada temperatura y la conductividad eléctrica de esos PM genera una disminución en su abundancia. Los individuos de la subfamilia Orthocladiinae poseen una tolerancia térmica acotada ya que dominan en zonas frías y templadas con baja conductividad eléctrica, en cambio, los de Chironomini se asocian más a ambientes tropicales y subtropicales, prefiriendo aguas estancadas o de menor velocidad de corriente, con un rango de temperatura mediana a alta con mayor conductividad eléctrica (Torrejón y Rodríguez, 2022; Pero et al., 2023).

Almeida et al. (2009) y Lopez Nuñez et al. (2011) señalan que las presas de menor tamaño (2-2,5 m de altura) y que carecen de un embalse, generan impactos ambientales menores, siendo los más relevantes aquellos que alteran la composición del agua que no es el caso aquí estudiado. También afirman que las comunidades de macroinvertebrados existentes presentan buena resiliencia, es decir, la estructura de las comunidades presa arriba y abajo no difieren significativamente entre ellas.

En algunos casos, como en el estudio de Lopez Nuñez (et al., 2011), se produce un incremento de riqueza y abundancia en una distancia relativamente corta después de las presas. Las comunidades registradas en el sistema de riego del Diquecito responden a este último patrón (20 géneros y 244 individuos presas arriba; 24 géneros y 275 individuos presas abajo), con predominancia del orden Ephemeroptera (Baetidae, Caenidae, Leptohyphidae) (presente en todos los PM), sugiriendo condiciones de menor estrés y mayor disponibilidad de hábitats favorables (calidad de sustrato, oxígeno suficiente y menor carga de nutrientes), confirmando que las presas de menor tamaño generan impactos menores, favoreciendo la resiliencia ecosistémica.

En este estudio, el PCA muestra que los PM del sistema de riego Alijilán-Manantiales se encuentran desagrupados. Los PM1 y PM2 están relacionados con variables de velocidad, RAS y pH; mientras que los PM4 y PM5 se asocian con el oxígeno disuelto, nitrato, fósforo, temperatura y conductividad eléctrica, respondiendo a las diferencias de valores registrados en laboratorio y en campo. Estos resultados coinciden con algunas variables altamente intervinientes en las comunidades de macroinvertebrados en los trabajos de Zhang (et al, 2024) y Zhang (et al, 2021). Se encuentran como relevantes la influencia del oxígeno disuelto, la turbidez, el nitrógeno total, el pH, la profundidad del agua y la velocidad del caudal. Estos trabajos afirman que la profundidad de los embalses y la baja velocidad de caudal que se genera dentro de los mismos y por debajo de la presa, reducen la estabilidad del sustrato, afectando directamente la disponibilidad de hábitats.

En el sistema de riego del Diquecito, el PCA muestra que los PM se relacionan más con variables pH, velocidad del agua, RAS y nitrato sin diferencias entre aguas arriba y aguas abajo. Estas leves diferencias coinciden con lo estudiado por Almeida et al (2009) y Lopez Nuñez (2011), haciendo hincapié en la influencia de la velocidad sobre la dinámica del sustrato. La presencia de pequeñas presas genera hábitats lénticos aguas arriba y lóticos aguas abajo, la heterogeneidad del sustrato es clave en el aumento de riqueza y abundancia por debajo de la presa, favoreciendo taxones sensibles.

Los PM diq-PM3 y DI-PM3, ubicados en los canales de ambos sistemas de riego ocupan dentro del PCA una posición en la que se evidencia la elevada carga de fósforo y nitrato que poseen. El punto DI-PM3 se ubica a 35 m después de la presa y diq-PM3 a apenas unos 2 m, teniendo en cuenta esto, adquiere relevancia la influencia de las presas en la composición química del agua que provee a los canales de riego. Sobre todo, en el sistema de riego Alijilán-Manantiales, que principalmente toma agua almacenada en el estrato inferior del embalse mediante la toma de fondo de la torre.

La degradación de materia orgánica dentro de los embalses genera un consumo elevado de oxígeno, favoreciendo la liberación de fosfato soluble desde el suelo a la columna de agua, coartando el proceso de nitrificación, en ambos casos favoreciendo los procesos de eutrofización (Arias et al, 2020).

Si las cargas de nutrientes se ven aumentadas por actividades antrópicas, la capacidad de procesamiento del embalse puede ser superada. En sistemas con alta disponibilidad de fósforo, se observó que el nitrógeno se convierte en un nutriente limitante para el crecimiento del fitoplancton, como así también, favorecer la proliferación de cianobacterias que pueden fijar nitrógeno o prosperar en bajas relaciones de nitrógeno y fósforo, aumentando la turbidez y degradando la calidad del agua (Betancourt et al., 2012; Maavara et al., 2020). Los resultados de este trabajo sugieren realizar estudios más profundos en torno a la dinámica de los nutrientes, especialmente en el periodo de tiempo de Tiempo de Retención Hidráulica (relaciona el total del caudal de agua del sistema con el caudal de entrada o salida), haciendo hincapié en el fósforo y nitrato para indagar en sus causas y consecuencias en los ecosistemas y el riego de un sistema subtropical.

El diagrama de Piper muestra el grado de salinidad primaria que poseen los ríos de Alijilán, característico de la cuenca Sali-Dulce. En este trabajo, al igual que el realizado por González Achem et al., (2016) se registraron aguas sulfatadas/bicarbonatadas/sódicas atribuido a la acumulación de sales del agua de lluvia, al aporte de fuentes terrestres a tasas no afectadas por actividades antrópicas y a factores climáticos, implicando períodos prolongados de sequía (Williams, 1999). De no tomar medidas de conservación y control, podría aumentar el riesgo potencial de salinidad secundaria generado por alteraciones antrópicas, afectando directamente a los suelos. Como consecuencia del cambio de salinidad, existe una potencial afectación sobre las comunidades de macroinvertebrados que favorecerá a taxones tolerantes y disminuyendo a aquellos más sensibles a la salinidad (González Achem y Fernández, 2023).

En cuanto a la calidad del agua de riego, los valores de RAS obtenidos en este trabajo se alejan de los registrados en años anteriores. El trabajo de Aybar et al (2016) registra 0,68 mEq/l en un canal de riego y 1,52 mEq/l en una vertiente. Los valores más bajos y altos de RAS registrados en este trabajo son de 1,33 y 1,45 mEq/l en el sistema de riego del Diquecito y 0,99 y 1,76 mEq/l en el sistema de riego Alijilán-Manantiales. Cabe mencionar que el trabajo de Aybar et al (2016) no precisa ubicación del canal y la vertiente, lo que complica su comparación con los valores registrados. Siguiendo el criterio establecido por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, mientras menor sea el valor de RAS, mejor calidad posee el agua para dicho fin. Los límites aceptados de la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) en aguas de riego, según la FAO, determinan el riesgo de sodificación del suelo. Un $RAS < 3$ indica bajo riesgo, 3-6 riesgo moderado, y > 6 alto riesgo, requiriendo manejos especiales para evitar la pérdida de estructura del suelo. Los PM4 y PM5 del sistema de riego Alijilán-Manantiales poseen los valores más bajos registrados (Tabla 3), con leve incremento en el PM3 correspondiente al canal.

En contraparte, el sistema de riego del Diquecito presenta mayor homogeneidad en los valores obtenidos en todos los PM, sugiriendo que este sistema aporta una mejor calidad de agua para riego como era de esperar. Sin embargo, lo que representan estos valores debe ser tomado con cautela debido a que, el criterio de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina toma sugerencias de organismos internacionales como la Food and Agriculture Organization, Canadian Council of Ministers of the Environment y la U.S. Environmental Protection Agency, y si bien estas sugerencias son válidas, es la escasez de parámetros contextualizados y estandarizados para el país y la provincia, la que dificulta determinar ciertamente los criterios para la calidad del agua de riego.

Cuando comparamos nuestros datos con el azud derivador de Los Quiroga, Santiago del Estero (Leiva et al. 2026), que es parte de la cabecera del sistema de riego agrícola dependiente del río Dulce, observaron en la estación seca un incremento del riesgo de salinización de los suelos por utilización de las aguas para riego agrícola, con alta conductividad registrada.

Por lo antes expuesto, la presa del sistema de riego Alijilán-Manantiales pareciera generar impactos ambientales mayores en comparación con el sistema del Diquecito. Esto permite inferir que las presas de menor tamaño producen menores impactos ambientales negativos sobre los ecosistemas lóticos, pese a las alteraciones que se generan con su construcción. A largo plazo, la resiliencia ecosistémica es superior, lo que permite que el estado ecológico después de la presa no sea drásticamente diferente al de los sitios ubicados antes de la presa. Las medidas de gestión de riego deben considerar parámetros iónicos más allá del RAS para prevenir la degradación del suelo y la pérdida de la integridad ecológica. Esto responde a la necesidad de formar criterios de gestión hídrica integradores, que también involucren al biomonitoreo, con el fin de evaluar impactos concretos de forma clara y estandarizada (Domínguez et al, 2022), como aquellos relacionados con el riego. Más en una provincia biodiversa como Catamarca donde la agricultura es una de sus principales actividades productivas.

Este trabajo estuvo limitado a una sola campaña durante la estación de primavera en el año 2024, por lo que no es posible captar la variabilidad estacional propia de los ríos. Aún con los PM limitados (10 en total), los resultados obtenidos permiten tener una primera aproximación a la dinámica de ambos sistemas en una estación del año clave. Para conocer y entender mejor estas dinámicas se requieren muestreos en otras estaciones para poder confirmar tendencias. Esto es particularmente importante en un continente que lleva adelante proyectos de nuevas presas con diversos propósitos a pesar de los costos ambientales y sociales (Paredes-Beltran et al. 2021).

CONCLUSIONES

Los datos de macroinvertebrados y físico-químicos permitieron evaluar el estado ecológico de sectores del sistema de riego (canales derivadores y canal principal) de los ríos Alijilán-Manantiales y del Diquecito en la estación de primavera del año 2024, incluyendo a sus ríos abastecedores (río Alijilán y río de la Aguada).

Podemos afirmar que el estado ecológico del sistema de riego del Diquecito es superior a la del sistema de riego Alijilán-Manantiales. Siendo este último el principal sistema de riego abastecedor de cultivos de la zona, se vuelve necesario realizar estudios más profundos abarcando la variabilidad estacional, como así también, programas de control y monitoreo (involucrando parámetros físicoquímicos y bioindicadores) con muestreos estacionales.

Se destaca también la necesidad de priorizar la conservación y restauración de la vegetación ribereña en tramos críticos del sistema Alijilán-Manantiales (PM1 y PM2 especialmente) para reducir el aporte de sedimentos y nutrientes. La tala indiscriminada, la extracción de áridos, residuos y la presencia de ganado bovino son algunas de las presiones antrópicas registradas en la zona, las cuales pueden influir en la calidad del agua que llega y se almacena en el embalse y posteriormente, abastece a los cultivos de la localidad de Alijilán.

PARTICIPACIÓN

Todos los autores participaron equitativamente en el trabajo.

CONFLICTO DE INTERÉS

El grupo de trabajo no posee ningún conflicto de interés.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto **PIDI 2024**, Tipo I. Sec. de Investigación y Posgrado UNCa. Agradecemos a la Fundación Miguel Lillo por los equipos utilizados en la identificación de las muestras de macroinvertebrados bentónicos, y a la Lic. Ana Isas por su colaboración en la mejora de las imágenes y gráficos de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceñolaza, F. G., y Toselli, A. J. (1977). Esquema geológico de la Sierra de Ancasti, provincia de Catamarca. *Acta geológica lilloana*, 14, 233-259.
- Aranibar, A. y Niederle, H. (2010). Relevamiento de la disponibilidad de recursos hídricos superficiales de cuenca salar de pipanaco, cuenca Abaucán–Colorado–Salado y cuencas faldeo oriental del ancasti. Convenio INA – Gobierno de la provincia de Catamarca. 546 p.
- Arias, T., Rodríguez, D. C., & Peñuela, G. A. (2020). Influencia de los suelos en la dinámica de transferencia de nutrientes en la interfase suelo-agua en un embalse tropical. *Ingeniería*, 25(3), 223-236.
- Almeida, E. F., Oliveira, R. B., Mugnai, R., Nessimian, J. L., y Baptista, D. F. (2009). Effects of small dams on the benthic community of streams in an Atlantic forest area of Southeastern Brazil. *International Review of Hydrobiology*, 94(2), 179-193.
- Aybar, V., Gómez, P., y Segovia, F. (2016). Aportes para la caracterización de la calidad de agua para riego de la provincia de Catamarca. *Revista del CIZAS*, 16(1-2), 45- 55.
- Betancourt, C., Suárez, R., y Jorge, F. (2012). Influencia de los procesos naturales y antrópicos sobre la calidad del agua en cuatro embalses cubanos. *Limnetica*, 31(2), 193- 204.
- Callejo, V., I. Cossio R., V. Vasquez M, S. (2009). Aspectos socioeconómicos e institucionales del riego. Aportes hacia el análisis de la sostenibilidad de la agricultura bajo riego. En Fernández Cirelli, A. F. (Ed.), Manejo sostenible del agua para riego en Sudamérica. (pp 41-66). Universidad Nacional de Buenos Aires.
- Domínguez, E. y Fernández, H. R. (1998). Calidad de los ríos de la cuenca del Salí (Tucumán, Argentina) medida por un índice biótico. Serie Conservación de la Naturaleza 12. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 40 pp.
- Domínguez, E., y Fernández, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán. 654 p.
- Domínguez, E., Encalada, A. C., Fernandez, H. R., Giorgi, A. D. N., Marchese Garello, M. R., Miserendino, M. L. y Rodrigues Capitulo, A. (2022). Biomonitorio en ríos de Argentina: un camino por recorrer. *Ecología Austral*, 32, 229-244.
- Dos Santos, D. A., y Reynaga, M. C. (2015). IBY-4: Una herramienta muy simple para biomonitorio de ríos en el noroeste argentino. *Temas de Biología y Geología del NOA*, 4(3), 53-56.
- Fernández, H. R. (2017). El “estado ecológico” como concepto para la gestión de la cuenca Salí-Dulce (Tucumán, Argentina). *Acta zoológica lilloana* 61(2), 161-167.

- Fernández Cirelli, A. (2009). Aspectos ambientales del riego. En: Fernández Cirelli, A. (Ed.), Manejo sostenible del agua para riego en Sudamérica. (pp 67-92). Universidad Nacional de Buenos Aires.
- Gobierno de la provincia de Catamarca. (1961). Datos de los diques y sistemas de riego de Catamarca. <https://repositoriodigital.catamarca.gob.ar/handle/123456789/817>
- González Achem, A. L., y Fernández, H. R. (2023). Macroinvertebrados y tolerancia a la salinidad en ríos de la provincia de Tucumán, Argentina; Fundación Miguel Lillo; *Acta Zoológica Lilloana*, 67(2), 379-397.
- González Achem, A. L., Fernández, H. R. e Hidalgo, M (2016). Influencia del contenido y composición de sales solubles en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en ríos de la provincia de Tucumán, Argentina. ResearchGate. <https://goo.su/itD0rFX>
- Gómez, N., Domínguez, E., Rodrigues, A. C., y Fernández, H. R. (2020). Los indicadores biológicos. En: Domínguez, E., Giorgi, A., y Gómez, N. La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina. (pp 57-71). Eudeba, Buenos Aires.
- Grizzetti B. y S. Poikane. (2024). The Importance of Inland Waters. En: J. P. Smol and I. D. Jones. *Wetzel's Limnology*. (pp 7-13). Fourth Edition, Elsevier Inc.
- Guevara, M. A. R., Cepeda, Y. V. M., Sánchez, B., y Mogro, E. J. J. (2025). Análisis de sistemas socioecológicos que afectan la calidad de agua de riego en los siete directorios de San Juan Patoa-Cotopaxi-Ecuador. *RECIMUNDO*, 9 (Especial), 12-18.
- Hernández López, Y., Rivas Pérez, R., y Feliu Batlle, V. (2020). Control automático de la distribución de agua en sistemas de riego: revisión y retos. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 41(2), 80-97.
- Lorite, I. J., Holzapfel, E. A y Pannunzio, A. (2009). Sistemas de riego. En Fernández Cirelli, A. F. (Ed.), Manejo sostenible del agua para riego en Sudamérica. (pp 13-26). Universidad de Buenos Aires.
- Magliano, P. N., Niborski, M. J., Murray, F., Heider, G., Petit, M. V., Calderón Archina, A., y Milani, T. (2024). Represas puntanas: Acceso, gestión y gobernanza del agua en las tierras áridas de San Luis. *Ecología Austral*, 34(2), 305-321.
- Maavara, T., Chen, Q., Van Meter, K., Brown, L. E., Zhang, J., Ni, J., y Zarfl, C. (2020). River dam impacts on biogeochemical cycling. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(2), 103-116.
- Mbaka, J. G., y Wanjiru Mwaniki, M. (2015). A global review of the downstream effects of small impoundments on stream habitat conditions and macroinvertebrates. *Environmental Reviews*, 23(3), 257-262.
- Paredes-Beltran, B., Sordo-Ward, A., de-Lama, B., Garrote, L. (2021). Continental Assessment of Reservoir Storage and Water Availability in South America. *Water*, 13, 1992. doi.org/10.3390/w13141992

- Perea, M. D. V., Pedraza, G., Luceros, J. D. V., y Fra, E. A. (2007). Relevamiento de flora arbórea autóctona en la provincia de Catamarca. Consejo Federal de Inversiones. Altura Impresores. Argentina.
- Pero, E. J. I., Torrejón, S. E., y Molineri, C. (2023). Influence of ecoregion and river type on neotropical Chironomidae (Diptera) from humid mountain to semiarid lowland. *Revista de Biología Tropical*, 71(1).
- R Core Team (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Rocha, L., Hegoburu, C., Torremorell, A., Feijoó, C., Navarro, E. y Fernández, H. R. (2020). Use of ecosystem health indicators for assessing anthropogenic impacts on freshwaters in Argentina: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(9), 611.
- Salvador, A. G., Alcaide, A. S., Sánchez, C. C. y Salvador, L. G. (2005). Evaluación de impacto ambiental. Pearson Educación. España.
- Sauzuk, S. (2024). Climas de Catamarca. Geografía de Catamarca. <https://geografiacatamarca.blogspot.com/2013/09/climas-de-catamarca.html>. Consultado el 18 de julio de 2024.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2024). Metodología para el establecimiento de niveles guía de calidad de agua ambiente para riego. <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/documento4.pdf>
- Torrejón, S. E. y Rodríguez, N. V. (2022). Catálogo de los Chironomidae (Diptera) en el Río de Xibi-Xibi: Jujuy-Argentina. Universidad Nacional de Jujuy. Facultad de Ciencias Agrarias. San Salvador de Jujuy, Argentina.
- Wang, J., Ding, L., Tao, J., Ding, C., y He, D. (2019). The effects of dams on macroinvertebrates: Global trends and insights. *River Research and Applications*, 35(6), 702-713.
- Williams, W. D. (1999). Salinisation: A major threat to water resources in the arid and semi-arid regions of the world. *Lakes y Reservoirs. Research & Management*, 4(3-4), 85-91.
- Zhang, H., Zhu, C., Mo, K., Chen, Q., Tang, L., Zhang, J., y Wang, J. (2021). Dam cascade alters taxonomic composition of benthic macroinvertebrate community in upper Yangtze River. *River Research and Applications*, 37(8), 1070-1079.
- Zhang, M., Shang, G., y Ding, S. (2024). Community Structural and Functional Features of Benthic Macroinvertebrates in a Cascade-Dams River. *Diversity*, 16(12), 772.

Anexo 1. Tabla de abundancias totales de macroinvertebrados bentónicos por sitios (PM) y taxón del Sistema de riego Alijilán-Manantiales.

Annex 1. Table of total abundances of benthic macroinvertebrates by site (PM) and taxon for the Alijilán-Manantiales irrigation system.

Taxón	PM1	PM2	PM4	PM5
Mollusca				
<i>Corbicula</i> sp.	0	2	0	0
<i>Physa acuta</i>	0	6	0	0
<i>Sphaeridae</i> sp.	0	2	0	0
Acari				
<i>Limnesiidae</i> sp.	1	0	0	0
<i>Torrenticola</i> sp.	0	4	0	0
Crustacea				
<i>Copépoda</i> sp.	0	0	0	1
<i>Hyalella</i> sp.	1	0	0	0
Ephemeroptera				
<i>Americabaetis</i> sp.	4	6	1	0
<i>Baetodes</i> sp.	2	3	0	0
<i>Caenis</i> sp.	1	3	0	0
<i>Camelobaetidium</i> sp.	1	0	0	0
<i>Haplohyphes</i> sp.	1	0	0	0
<i>Leptohyphes</i> sp.	0	6	0	0
<i>Nanomis</i> sp.	0	1	0	0
<i>Paramaka</i> sp.	1	0	0	0
<i>Varipes</i> sp.	3	2	0	0
Odonata				
<i>Gomphidae</i> sp.	2	0	0	0
Hemiptera				
<i>Ambrysus</i> sp.	0	4	0	0
Trichoptera				
<i>Grumichella</i> sp.	3	0	0	0
<i>Hydroptila</i> sp.	4	1	8	2
<i>Marilia</i> sp.	1	14	1	0
<i>Metrichia</i> sp.	0	0	2	0
<i>Neotrichia</i> sp.	0	1	0	0
Diptera				
<i>Chironomini</i> sp.	6	16	4	1
<i>Orthoclaadiinae</i> sp.	20	14	9	4
<i>Podominae</i> sp.	0	4	0	0
<i>Tanypodinae</i> sp.	0	4	0	0
<i>Bezzia</i> sp.	0	2	0	0
Coleoptera				
<i>Austrelmis</i> sp.	0	1	0	0
<i>Cylloepus</i> sp.	0	1	0	0
<i>Enochrus</i> sp.	0	8	0	0
<i>Macrelmis</i> sp.	1	6	1	0
<i>Psephenus</i> sp.	0	4	0	0
<i>Staphylinidae</i> sp.	0	2	0	0

Anexo 2. Tabla de abundancias totales de macroinvertebrados bentónicos por sitios (PM) y taxón del Sistema de riego del Diquecito.

Annex 2. Table of total abundances of benthic macroinvertebrates by site (PM) and taxon for the Diquecito irrigation system.

Taxón	PM1	PM2	PM4	PM5
Mollusca				
<i>Physa acuta</i>	22	0	6	3
Annelida				
<i>Hirudinea</i> sp.	0	0	1	0
<i>Oligochaeta</i> sp.	1	0	0	0
Acari				
<i>Atractides</i> sp.	0	0	17	0
<i>Clathrosperchon</i> sp.	0	0	0	3
<i>Frontipoda</i> sp.	0	0	0	1
<i>Hygrobates</i> sp.	1	2	0	0
<i>Limnesia</i> sp.	0	1	0	0
<i>Torrenticola</i> sp.	4	0	0	1
Crustacea				
<i>Cyclopoida</i> sp.	0	0	0	1
Ephemeroptera				
<i>Americabaetis</i> sp.	17	9	12	7
<i>Baetodes</i> sp.	3	1	1	3
<i>Caenis</i> sp.	0	0	3	9
<i>Haplohyphes</i> sp.	0	0	0	0
<i>Leptohyphes</i> sp.	11	7	23	12
<i>Varipes</i> sp.	1	0	0	0
Odonata				
<i>Coenagrionidae</i> sp.	1	0	0	0
<i>Gomphidae</i> sp.	1	0	2	5
<i>Libellulidae</i> sp.	0	1	0	0
Hemiptera				
<i>Ambrysus</i> sp.	8	0	1	2
<i>Carvalhiella</i> sp.	0	0	0	3
<i>Gerridae</i> sp.	1	0	0	0
Megaloptera				
<i>Corydalus</i> sp.	1	0	2	1
Trichoptera				
<i>Helicopsyche</i> sp.	5	0	0	2
<i>Hydroptila</i> sp.	10	3	9	3
<i>Marilia</i> sp.	14	1	3	1
<i>Metrichia</i> sp.	0	0	0	1
<i>Smicridea</i> sp.	27	4	26	4
Lepidoptera				
<i>Petrophila</i> sp.	1	0	0	1
Diptera				
<i>Chironomini</i> sp.	23	8	18	27
<i>Orthocladinae</i> sp.	7	10	21	26
<i>Simulium</i> sp.	0	0	1	0
<i>Tipulidae</i> sp.	3	0	0	1
Coleoptera				
<i>Austrelmis</i> sp.	5	0	1	0
<i>Macrelmis</i> sp.	8	0	3	2
<i>Berosus</i> sp.	0	0	0	2
<i>Enochrus</i> sp.	7	0	1	0
<i>Psephenus</i> sp.	13	0	3	0
<i>Staphylinidae</i> sp.	1	1	0	0

Anexo 3. Tabla de valores físico químicos por sitios (PM) del del Sistema de riego Alijilán-Manantiales.

Annex 3. Table of physicochemical values by site (PM) for the Alijilán-Manantiales irrigation system.

Sistema de riego DIQUE							
Parámetros	Unidad	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	Blanco (PM5)
Datos de laboratorio							
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	79	89	90	201,3	198,88	ND
Cloruro	mg/L	2,5	2,7	2,5	4,3	4,4	ND
Sulfato	mg/L	3,6	3,9	1,4	1,4	1,5	ND
Calcio	mg/L	17	18	20	44	43	ND
Magnesio	mg/L	4,0	4,2	4,2	10,2	10,2	ND
Sodio	mg/L	15	16	13	27	27	<1,3
Potasio	mg/L	4,0	4,2	5,0	7,0	7,0	ND
Fósforo de fosfato	mg P-PO ₄ /L	ND	<0,07	0,22	<0,07	0,08	ND
Nitrógeno de nitrato	mg N-NO ₃ /L	0,05	0,06	1,34	0,88	0,56	ND
Oxidabilidad al permanganato	mg O ₂ /L	2,9	2,8	7,8	4,8	5,4	<0,15
Turbidez	NTU	0,71	0,66	11,4	1,82	1,81	ND
Datos en campo							
Sólidos totales	ppm	27	36	52	162	170	–
Potencial de hidrógeno	pH	7,93	8,07	ND	7,48	7,89	–
Temperatura	°C	19,7	20,1	19,8	25,4	26,3	–
Conductividad	(μS/cm)	55	60	ND	3,29	311	–
Oxígeno disuelto	ppm	7,38	7,78	7,53	9,71	7,24	–
Oxígeno disuelto (temperatura)	°C	20,3	20,6	20,7	25,8	27,7	–
Ancho del río	m	4,8	3,90	0,78	3,90	5,70	–
Profundidad	cm	29	17	31	38	44	–
Velocidad	s	16,52	9,01	4,91	≈ 0	≈ 0	–

Anexo 4. Tabla de valores físico químicos por sitios (PM) del del Sistema de riego del Diquecito.

Annex 4. Table of physicochemical values by site (PM) for the Diquecito irrigation system.

Sistema de riego DIQUECITO							
Parámetros	Unidad	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	Blanco (PM3)
Datos de laboratorio							
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	131	128	128	127,2	128,4	128,4
Cloruro	mg/L	8,4	8,2	8,4	7,8	8,1	8,4
Sulfato	mg/L	8,9	8,8	9,0	8,2	8,4	9,0
Calcio	mg/L	28	28	28	27	27	28
Magnesio	mg/L	7,9	7,7	7,7	7,4	7,5	7,8
Sodio	mg/L	26	24	24	23	23	24
Potasio	mg/L	5,6	5,5	5,4	5,6	5,5	5,4
Fósforo de fosfato	mg P-PO ₄ /L	<0,07	<0,07	<0,07	ND	<0,07	<0,07
Nitrógeno de nitrato	mg N-NO ₃ /L	0,23	<0,03	0,96	0,55	0,83	0,93
Oxidabilidad al permanganato	mg O ₂ /L	2,4	0,23	2,3	2,4	2,7	2,4
Turbidez	NTU	0,51	0,53	0,91	0,66	4,34	0,94
Datos en campo							
Sólidos totales	ppm	48	60	116	47	135	–
Potencial de hidrógeno	pH	7,97	8,17	8,32	8,14	8,11	–
Temperatura	°C	19,20	19,8	20,2	21,4	24,5	–
Conductividad	(μS/cm)	97	116	232	95	2,65	–
Oxígeno disuelto	ppm	7	6,76	7,42	6,78	8	–
Oxígeno disuelto (temperatura)	°C	20,4	20,5	20,7	21,7	24,6	–
Ancho del río	m	2,4	3,30	0,47	2,40	4,20	–
Profundidad	cm	23	18,5	26,5	9,50	18	–
Velocidad	s	59,49	63,33	22,25	47,04	26,46	–