

TRABAJO ORIGINAL
CONECTIVIDAD SUPERFICIAL DE HUMEDALES EN PAISAJES ALTERADOS: EL CASO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO RECONQUISTA
Lucía Migone¹, Rafael Grimson¹ y Facundo Schivo¹

1. IIIA-UNSAM-CONICET, Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, Escuela de Hábitat y Sostenibilidad, Campus Miguelete, 25 de mayo y Francia, 1650-San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina

OPEN ACCESS

Cita: Migone, L^{*1}, Grimson, R¹, Schivo, F¹ (2026) Conectividad superficial de humedales en paisajes alterados: el caso de la cuenca alta del río Reconquista. RASADEP 14(1) 9-22

* Autora correspondiente:
lmigone@agro.uba.ar

Editor: Leonardo A. Datri,
Laboratorio de Ecología de
Bordes (UFLO). Adaptativa.
Argentina

Recibido: 28 de febrero de 2026
Aceptado: 4 de mayo de 2026
Publicado: 7 de junio de 2026

Este es un artículo de acceso abierto, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite al autor original y la fuente.

Financiación: Proyecto Impact.AR Ciencia y Tecnología (Desafío N°100), MCyT; PIP – GI 11220200100887 CO, CONICET; PIBAA – 28720210100903CO, CONICET, MCyT; Proyecto de Unidad Ejecutora IIIA-CONICET-UNSAM (PUE), CONICET

Conflictos de interés: Los autores han declarado no tener conflictos de interés.

RESUMEN

La conectividad hidrológica superficial es un aspecto clave para comprender el funcionamiento ecológico de los humedales. Este trabajo analiza la conectividad entre humedales en la cuenca alta del río Reconquista (Buenos Aires, Argentina), una región donde se observan múltiples alteraciones antrópicas. Entre ellas se destacan las canalizaciones, los caminos con zanjas laterales y otras infraestructuras lineales que interrumpen, promueven o redirigen el escurrimiento. Estas infraestructuras afectan los flujos superficiales y, consecuentemente, la conectividad hidrológica de las unidades de humedal a través del paisaje. A partir de información espacial proveniente de imágenes satelitales, datos LiDAR y cartografía temática, se construyeron distintas redes dirigidas de conectividad hidrológica superficial. En ellas, los nodos representan un tipo de unidad de humedal (cubetas), mientras que las conexiones reflejan vías de escurrimiento superficial (VES). Se identificaron VES de carácter permanente (ríos y arroyos, previamente delimitados) y VES de carácter temporario, estimadas a partir de modelos de escurrimiento superficial. Cada modelo de escurrimiento superficial, asociado a un escenario hidrológico específico, generó una red correspondiente. Se analizaron, caracterizaron y compararon entre sí once redes mediante métricas propias de la teoría de grafos. En base a los escenarios hidrológicos explorados, se generaron dos conclusiones importantes. (1) Incluso en un escenario de muy alta conectividad, algunas cubetas permanecen aisladas. (2) Los eventos de precipitaciones extremos podrían ser claves en la dinámica funcional de la cuenca, ya que estos eventos generarían la conexión de gran cantidad de cubetas que, de otro modo, siempre estarían aisladas. Los hallazgos de este trabajo invitan a redefinir cómo entendemos la conectividad hidrológica: no como un estado estático del paisaje, sino como un proceso dinámico y no lineal.

Palabras clave: conectividad hidrológica - grafos - río Reconquista

ABSTRACT

Surface hydrological connectivity is fundamental to understanding the ecological functioning of wetlands. This study analyzes wetland connectivity in the upper Reconquista River basin (Buenos Aires, Argentina), a region characterized by significant anthropogenic alterations. Key among these are channelizations, roads with side ditches, and other linear infrastructures that interrupt, facilitate, or redirect surface runoff. These features modify surface flows and, consequently, the hydrological connectivity of wetland units across the landscape.

Using spatial data from satellite imagery, LiDAR, and thematic mapping, several directed surface hydrological connectivity networks were constructed. In these networks, nodes represent wetland units ("cubetas", or small depressional wetlands), while edges reflect surface runoff pathways (SRPs). The study identified both permanent SRPs (previously delimited rivers and streams) and temporary SRPs, estimated through surface runoff models. Each model, linked to a specific hydrological scenario, produced a corresponding network. Eleven networks were subsequently analyzed, characterized, and compared using graph theory metrics.

Based on the explored hydrological scenarios, two primary conclusions emerged: (1) even under high-connectivity scenarios, certain cubetas remain isolated; and (2) extreme precipitation events are critical to the basin's functional dynamics, as they trigger connectivity for numerous units that would otherwise remain isolated. These findings suggest a redefinition of hydrological connectivity: not as a static landscape state, but as a dynamic, non-linear process.

Keywords: hydrological connectivity - graphs - Reconquista river

INTRODUCCIÓN

La conectividad hidrológica superficial es un aspecto clave para comprender el funcionamiento ecológico de los humedales. Una definición de conectividad hidrológica, que abarca sus aspectos estructurales y funcionales (Zhang et al., 2021), es “la transferencia de materia, energía y/o organismos dentro y entre elementos del ciclo hidrológico, mediada por el agua” (Pringle, 2001). Muchos procesos ecológicos están modulados por estas transferencias. Por ejemplo, es clave el rol de la conectividad hidrológica en la regulación de inundaciones (Golden et al., 2014). Además, determina cómo se estructuran los elementos del paisaje (Pringle, 2001). Esto implica que cualquier alteración de la conectividad, ya sea por aumento o reducción, puede derivar en impactos ambientales potencialmente significativos (Pringle, 2003). En este contexto, conocer la conectividad hidrológica constituye un elemento central para la planificación del uso del paisaje, especialmente a escala de cuenca (Bracken et al., 2013), y resulta particularmente relevante para el diseño de estrategias de conservación y manejo de los humedales.

La conectividad hidrológica es dinámica y está regulada principalmente por cinco factores (Bracken y Crooke, 2007). El clima determina el régimen de precipitaciones y, en consecuencia, la disponibilidad de agua en el sistema. El potencial de escorrentía de la pendiente depende de características del suelo como la tasa de infiltración, la humedad previa, la rugosidad de la superficie, el tipo y abundancia de cobertura vegetal y el manejo que se haga del suelo. La posición topográfica relativa en el paisaje no solo determina si un parche se localiza en sectores altos, intermedios o bajos, sino que también permite distinguir entre áreas situadas al pie de pendientes de distinta longitud e inclinación, lo que condiciona su capacidad potencial para generar, conducir o recibir flujos de agua. Las vías de escurrimiento superficial (VES), que determinan la direccionalidad de los excesos hídricos que se generen en cada parche, van a estar determinadas por las pendientes más pronunciadas, y moduladas por las características de los lugares que atraviesen. Finalmente, la amortiguación lateral va a modular la conectividad al determinar la extensión de los parches que funcionan como reservorios de agua y su conexión con otros parches y/o VES. Todo esto implica que modelar la conectividad hidrológica es una tarea compleja que requiere integrar diversas fuentes de información (Dwivedi et al., 2025).

Si bien los factores descritos previamente modulan la conectividad hidrológica, comprenderlos y/o estimarlos solo permite caracterizar la magnitud, direccionalidad, cantidad y otros atributos de las conexiones (hídricas) entre elementos del paisaje. Sin embargo, una vez identificadas estas conexiones, es posible profundizar la caracterización y el análisis de esa estructura. Un marco teórico ampliamente utilizado es el de datos en red (o grafos), en el que se definen nodos (unidades de humedal en este caso) y conexiones (VES) (Newman, 2003). Abordarlo desde la teoría de grafos tiene la ventaja de que ese marco teórico y sus estructuras de datos abstractas asociadas tienen una gran trayectoria y desarrollo de herramientas de análisis (por ejemplo, paquetes en R y en Python), útiles y versátiles (Newman, 2003). La dificultad de este abordaje es justamente el paso de abstracción, es decir, el pasaje desde datos espacialmente explícitos con formas, tamaños y ubicación, a su representación mediante nodos y conexiones.

En este trabajo analizamos la conectividad hidrológica superficial entre humedales en la cuenca alta del río Reconquista (Buenos Aires, Argentina), una región donde se observan múltiples alteraciones antrópicas. Entre ellas se destacan las canalizaciones, los caminos con zanjales laterales y otras infraestructuras lineales que interrumpen, promueven o redirigen el escurrimiento. Estas infraestructuras afectan los flujos superficiales y, consecuentemente, la conectividad hidrológica de las unidades de humedal a través del paisaje. En particular, nuestro trabajo aborda uno de los factores reguladores de la conectividad hídrica: las vías de escurrimiento superficial (VES), que, a su vez, son las más impactadas por la infraestructura asociada a la urbanización cercana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La cuenca alta del río Reconquista es un área excepcionalmente plana (la mediana de la pendiente es 0.52%), lo que genera VES muy poco marcadas. A su vez, es un área altamente intervenida por actividades antrópicas: donde no hay asentamientos urbanos, hay usos agrícolas o ganaderos, además de infraestructura como caminos e incluso un dique de gran tamaño.

En la cuenca se identifican cinco tipos de unidades de humedal. Las cubetas son pequeñas lagunas intermitentes o semi-permanentes de forma oval que frecuentemente tienen agua en superficie y vegetación. Los bañados y las cañadas son unidades que frecuentemente se saturan de agua, y se diferencian entre sí por su forma: las cañadas son alargadas y siguen la pendiente general, mientras que los bañados no tienen una forma en particular y varían mucho en su extensión. Ambos tipos de unidades suelen conectar entre sí otros tipos de unidades de humedal, a la vez que son la transición entre humedales y ambientes terrestres. La planicie de inundación corresponde a lo que fue el área de desborde de los ríos y arroyos. Sin embargo, en el presente, su carga de agua es por escurrimiento desde zonas más altas, más que por desborde de los cursos de agua, ya que estos están profundizados. Por último, los canales activos corresponden a los cursos de agua, la zona donde efectivamente discurre normalmente el agua (restringido por la profundización).

En particular, este trabajo presenta resultados preliminares de conectividad en la subcuenca del Durazno (Figura 1).

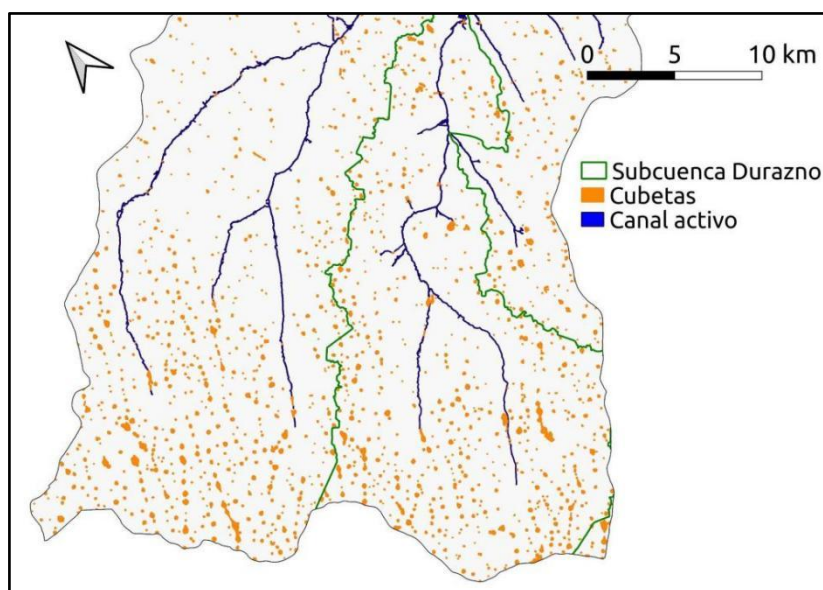


Figura 1. Cubetas y canales activos de la cuenca alta del río Reconquista. Se indica el límite de la subcuenca del arroyo Durazno.

Metodología

Dada la heterogeneidad de tipos de humedales que presenta la cuenca, este trabajo aborda la conectividad hidrológica superficial entre las unidades de humedal que contienen agua de manera semipermanente: las cubetas y los canales activos. Esto se debe a que este tipo de unidades de humedal son potenciales reservorios de agua en superficie y a que su morfología más simple y compacta espacialmente facilita su abstracción en nodos y aristas de un grafo. De este modo, se abstraigo cada cubeta como un nodo (correspondiente al centroide de la cubeta), y a los canales activos como un conjunto de aristas (la línea central de los canales activos) unidas entre sí por nodos clave (extremos de los canales activos y puntos de unión entre afluentes), para poder representar y analizar mejor la estructura de la red en el espacio.

Modelado de vías de escurrimiento superficial temporarias (VEST)

Los canales activos no son las únicas VES, aunque sean las más evidentes en el paisaje. Dado que esta cuenca se caracteriza por tener una muy baja pendiente, las VES, en muchos casos, no están claramente marcadas en el terreno (por ejemplo, con surcos o cañadas). Por ello, el sistema es altamente sensible a las precipitaciones (Figura 2), lo cual se refleja en la existencia de VES de carácter temporario (VEST), asociadas a momentos de excesos hídricos. En consecuencia, la conectividad hidrológica varía fuertemente según el estado hídrico de la cuenca.



Figura 2. Comparación de situaciones hidrológicas en un mismo punto de la cuenca alta del río Reconquista.

Para considerar las VEST y su variabilidad, se realizó un modelo de escurrimiento superficial a partir de la topografía de la cuenca, aplicando algoritmos en código Python. Se utilizó como insumo de base un modelo digital de elevación (MDE) derivado de un relevamiento con LiDAR de 1 m de resolución. Este MDE se escaló a 10 m de resolución, a partir del cálculo del valor de la mediana en ventanas móviles de 10 x 10 m. La razón de este escalamiento fue doble: primero, permitió detectar tendencias más generales, evitando la microtopografía detectada con píxeles de 1 m; y segundo, sirvió para optimizar el cómputo de los algoritmos descritos a continuación.

El modelo de escurrimiento superficial se generó aplicando algoritmos del paquete WhiteboxTools (Lindsay, 2014). Se determinó la dirección del flujo desde cada píxel, para lo cual se utilizó el algoritmo FD8 (Freeman, 1991). Este algoritmo indica la dirección de la mayor pendiente mediante el análisis de la vecindad inmediata. Una vez obtenida la dirección, se calculó la acumulación de flujo (Figura A1a del anexo). Esta acumulación indica la superficie (medida en cantidad de píxeles) que drena hacia cada píxel.

El siguiente paso implica definir la existencia de una vía de escurrimiento a partir de un umbral de acumulación de flujo. Este umbral representa la superficie mínima que debe drenar su excedente hídrico hacia un píxel (flujo acumulado) para que se forme una VEST. No obstante, esa superficie mínima es dependiente del excedente hídrico generado (a mayor excedente hídrico, menor superficie se necesita para generar una VEST). Dado que el excedente hídrico, a su vez, varía con las precipitaciones del período, se pueden generar escenarios muy contrastantes (Figura 2). Por lo tanto, en este trabajo se abordaron escenarios de conectividad basados en un gradiente de umbrales exploratorios (1 a 100 ha), asociados a distintos estados hidrológicos. Una vez definidos, se generaron los datos vectoriales que representan las VEST correspondientes a cada umbral (Figura A1b del anexo).

Construcción de grafos dirigidos

Se diseñó un flujo de trabajo en código Python para realizar el paso de abstracción: transformar cuatro fuentes de datos vectoriales (nodos de cubetas [puntos], nodos de canales activos [puntos], línea central de canales activos [líneas] y VEST [líneas]) en un grafo dirigido que representa la red hidrológica superficial de la cuenca (Figura 3). Primero se construyó un

grafo inicial (G1) mediante la unión de las aristas de canales activos con las de VEST. Este proceso implicó una serie de ajustes para asegurar que la topología fuera correcta. Por ejemplo, fue necesario eliminar vías repetidas que se generaban por la superposición parcial de VEST y canales activos, que duplicaban una misma VES. Además, se garantizó una unión correcta entre los vectores para evitar superposiciones o discontinuidades, y se procedió a generar nuevos nodos clave en los puntos de unión entre las líneas de VEST y las de canales activos.

Luego, se definieron las conexiones entre las cubetas y las aristas del G1. Para esto, se consideró que una cubeta estaba conectada a una arista del G1 si esta se superponía, al menos parcialmente, con el polígono de la cubeta. Cuando se cumplía esta condición, se generó una conexión desde la intersección del borde de la cubeta con la arista del G1 hasta el centroide de la cubeta (el nodo representativo de la cubeta). De esta manera se formó el segundo grafo (G2). Finalmente, se eliminaron del G2 todas las líneas que no constituyeran aristas (es decir, que no conectaran entre sí unidades de humedal) (Figura A1c del anexo), obteniéndose así el grafo final (GF) (Figura A1d del anexo).

Este procedimiento se realizó de manera completamente automatizada, esto facilitó su aplicación para distintos conjuntos de VEST, definidos por un total de 11 umbrales de acumulación de flujo. Estos umbrales se aplicaron a la subcuenca del Durazno y fueron: 1, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 ha. En consecuencia, se construyeron 11 grafos finales, cada uno representó un escenario diferente de conectividad. A su vez, para tener un primer abordaje general, se hizo un único grafo de toda la cuenca alta siguiendo la misma metodología, y con un umbral de 40 ha para definir las VEST.

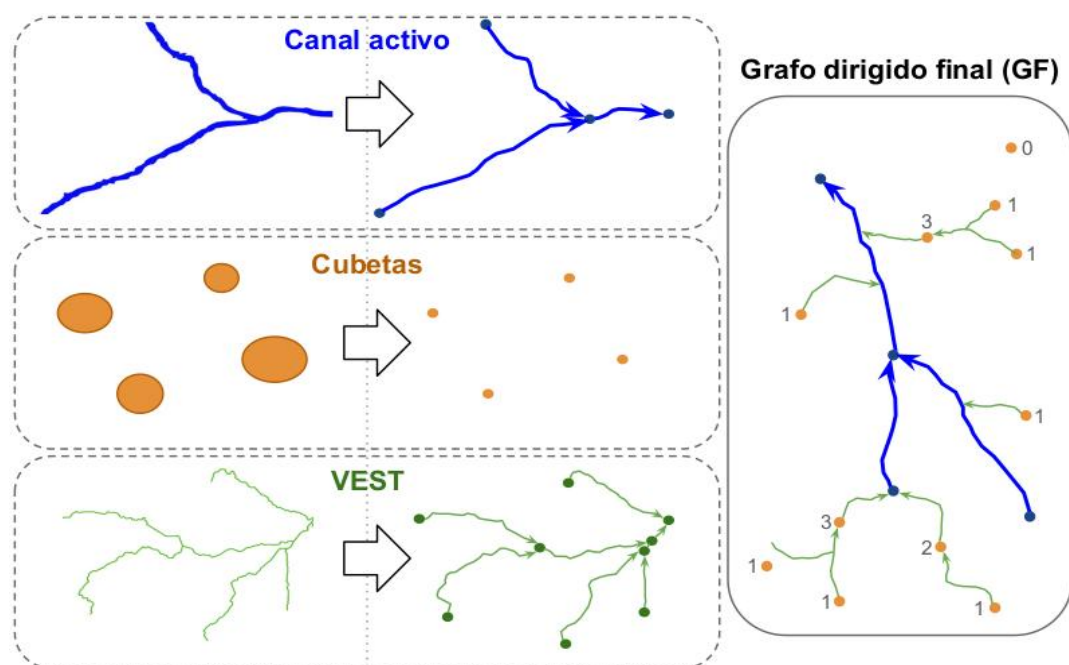


Figura 3. Esquema representativo de la abstracción a grafo de las unidades de humedal (canales activos y cubetas) y los VEST. A la izquierda se representan los datos vectoriales de base. Al centro, la abstracción a elementos de un grafo: nodos (puntos) y conexiones direccionales (flechas). A la derecha, un grafo modelo y los números indican el grado de cada nodo de tipo cubeta.

Análisis de métricas de conectividad de los grafos

Una vez contruidos los grafos como estructura de datos, se puede analizar la red a partir de distintas métricas simples de calcular. Una métrica muy utilizada es el grado de los nodos; esta identifica la cantidad de conexiones que un nodo presenta con otros nodos. Por ejemplo, un nodo de grado uno tiene solo una conexión, es un nodo terminal; mientras que un nodo de grado cero se encuentra aislado de la red (Figura 3). Por lo tanto, una forma de analizar este atributo en toda la red es mirar las distribuciones de frecuencias de los grados, es decir, la cantidad de nodos en la red con cada grado distinto. En particular, se analizaron los grados de los nodos asociados a las cubetas de cada grafo. Asimismo, se puede considerar la superficie de cubetas que queda conectada o desconectada en cada escenario, ya que no solo es importante la cantidad de unidades conectadas, sino el área que conectan, ya que esta determina, por ejemplo, la disponibilidad de hábitat o bien la superficie disponible para la ocurrencia de procesos (Saura et al., 2011). Por ejemplo, la superficie con potencial de infiltración de agua o de transformación de nitrógeno (Mitsch y Gosselink, 2015). Por otro lado, se compararon la cantidad de aristas que se generan por grafo y la longitud de las mismas.

RESULTADOS

Se construyeron 11 grafos de escenarios de conectividad para la subcuenca del Durazno de manera exploratoria considerando umbrales de VEST de entre 1 y 100 ha (Figura 4). Y se compararon los grafos según algunas métricas de interés (Tabla 1 del anexo). Se construyó un grafo para la cuenca alta del río Reconquista considerando un umbral de VEST de 40 ha.

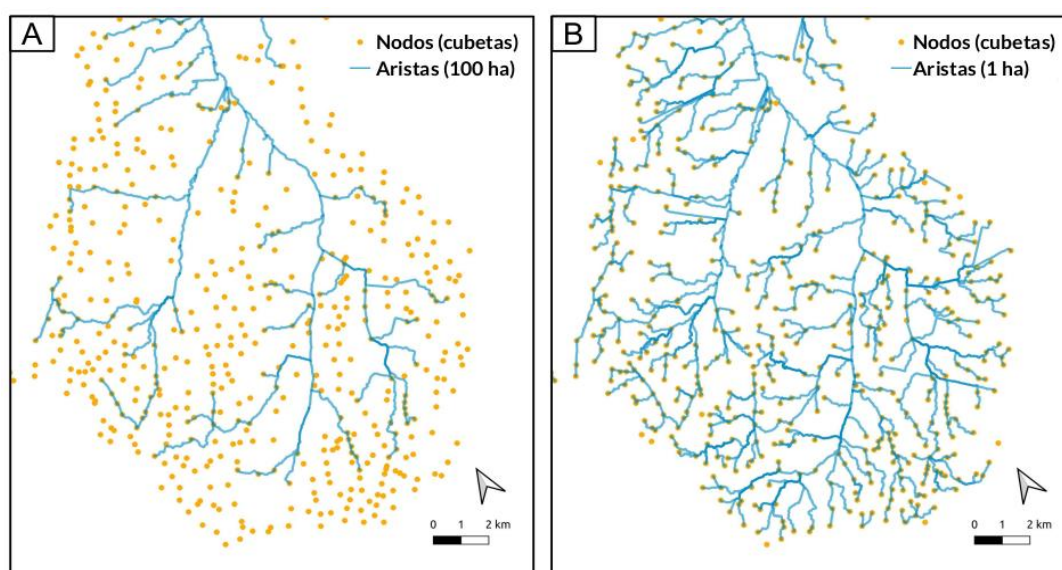


Figura 4. Representación de grafos de la subcuenca del Durazno, para un escenario con umbral de VEST de 100 ha (A) y uno de 1 ha (B).

En la Figura 5, se evidencia el contraste entre los escenarios de umbral de 1 ha y de 100 ha: en el de 1 ha la amplia mayoría de las cubetas se encuentran aisladas (grado cero), mientras que en el de 100 ha la mayoría de las cubetas son nodos terminales de la red (grado uno). A su vez, se compararon la cantidad de nodos de cubetas conectados (grado mayor o igual a uno) respecto del total de cubetas, para varios umbrales entre 1 ha y 100 ha (Figura 6A). Lo que se puede observar es un comportamiento de tipo exponencial decreciente, en el que al aumentar

levemente el umbral de acumulación de flujo, la cantidad de nodos conectados cae fuertemente, y esa caída se va atenuando a medida que aumenta el umbral. Sin embargo, al comparar el área de cubetas que queda conectada en cada escenario en relación al área total correspondiente a cubetas (Figura 6B), el comportamiento es de tipo lineal decreciente.

Respecto al grafo de toda la cuenca alta, entre el total de 1701 cubetas y los canales activos, se identificaron 1226 conexiones, con una longitud promedio de los VEST de 1252 metros.

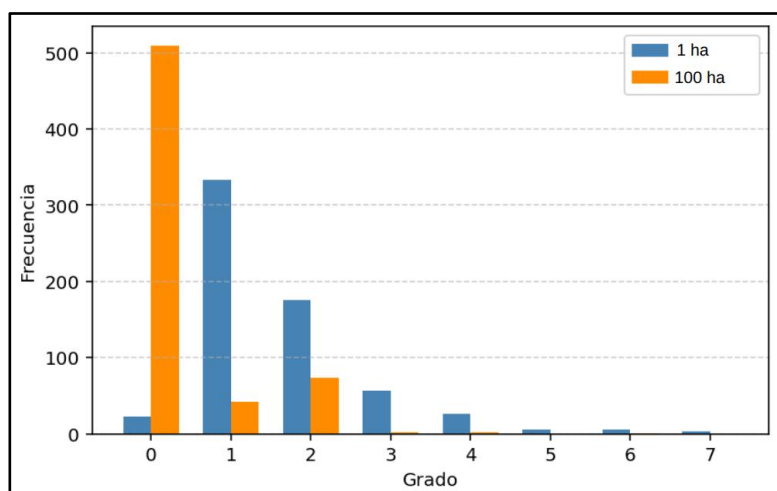


Figura 5. Distribución de frecuencias de grados de los nodos de cubeta de escenarios de conectividad hidrológica superficial con umbrales contrastantes (1 vs. 100 ha)

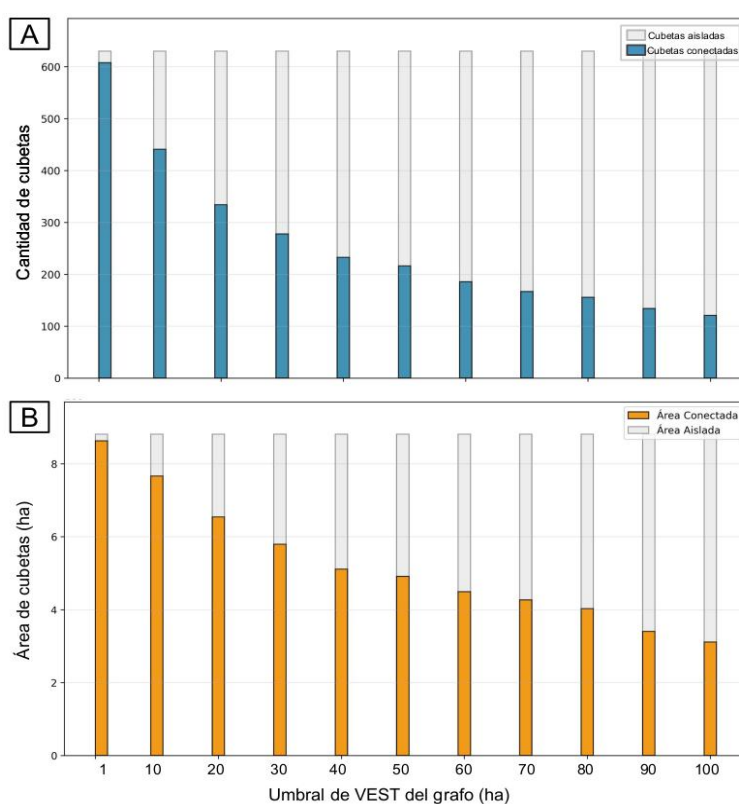


Figura 6. Comparación de cantidad de cubetas (A) y área de cubetas (B) conectadas vs. aisladas de los 11 escenarios de conectividad hidrológica superficial definidos por el umbral de VEST para generar cada grafo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo presenta los avances en el análisis funcional de los humedales de la cuenca alta del río Reconquista, en particular en la subcuenca del Durazno. Este análisis se enmarca en un trabajo de investigación doctoral, que incluyó una descripción estructural de la cuenca, la identificación y delimitación de las unidades de humedal presentes (Migone et al., 2025). La abstracción a un grafo de la red hidrológica superficial de manera semi-automática permite explorar múltiples escenarios hidrológicos de forma eficiente y, al mismo tiempo, utilizar las métricas descriptivas de los grafos.

A partir de los escenarios explorados, se generaron dos conclusiones importantes. La primera es que, incluso en un escenario de muy alta conectividad (umbral de 1 ha), algunas cubetas permanecen aisladas. Por lo tanto, podrían ser las menos resilientes a eventos extremos, dada una muy baja probabilidad de recolonización, por ejemplo, luego de eventos de sequía. A su vez, es probable que presenten comunidades distintas a las de otras cubetas debido a ese aislamiento. La segunda es que los eventos de precipitaciones extremos podrían ser claves en la dinámica funcional de la cuenca, ya que estos eventos generarían la conexión de gran cantidad de cubetas que, de otro modo, siempre estarían aisladas.

Finalmente, es importante destacar que estos son avances preliminares, pero que esta forma de abordar la conectividad tiene el enorme potencial de incorporar nuevas fuentes de información que complementen y profundicen el análisis. Comprende un aporte cruzar esta información con la de usos y coberturas del suelo por donde discurren las VEST. Otra línea a explorar es la integración de información de canales artificiales. Aunque muchos de ellos no fueron detectados por el modelo de VEST (debido a que se usó intencionalmente un MDE de 10 m de resolución), el enfoque de grafos facilitaría el análisis del impacto que podría generar la construcción o eliminación de canales en la red hidrológica. Por último, es posible profundizar el análisis de los grafos construidos con métricas propias de este tipo de datos, tales como la modularidad, el anidamiento y la resiliencia de la red, entre otros.

Los hallazgos de este trabajo invitan a redefinir cómo entendemos la conectividad hidrológica: no como un estado estático del paisaje, sino como un proceso dinámico y no lineal. Los resultados indican que la conexión entre humedales no es permanente, sino que se activa ante eventos específicos y de manera secuencial como función de la acumulación de excesos hídricos superficiales. Esto subraya que incluso las inundaciones extremas son pulsos vitales, esenciales para garantizar el intercambio de materia y energía entre unidades. Al entender que la conectividad funciona mediante estos umbrales críticos, se hace evidente que cualquier alteración antrópica (como un camino o una zanja) puede romper procesos ecológicos mucho más complejos de lo que parece a simple vista, potenciado por las conexiones jerárquicas y no lineales que vinculan a estos ecosistemas. Este conocimiento no solo sienta las bases para futuras investigaciones, sino que resulta indispensable para una planificación más informada y sostenible del uso del paisaje y la gestión adecuada de sus recursos hídricos.

AGRADECIMIENTOS

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). A Pablo Saibene y Pablo Gabriel De Luca por su asistencia en los relevamientos a campo y procesamiento de la información.

BIBLIOGRAFÍA

- Bracken, J.L. & Croke, J. (2007). The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems. *Hydrological processes*, 21: 1749–1763
- Bracken, L.J., Wainwright, J., Ali, G.A., Tetzlaff, D., Smith, M.W., Reaney, S.M. & Roy, A.G. (2013). Concepts of hydrological connectivity: Research approaches, pathways and future agendas, *Earth-Science Reviews*, 119: 17-34.
- Dwivedi, D., Poepl, R. E., & Wohl, E. (2025). Hydrological connectivity: a review and emerging strategies for integrating measurement, modeling, and management. *Frontiers in Water*, 7, 1496199.
- Golden, H. E., Lane, C. R., Amatya, D. M., Bandilla, K. W., Kiperwas, H. R., Knightes, C. D., & Ssegane, H. (2014). Hydrologic connectivity between geographically isolated wetlands and surface water systems: A review of select modeling methods. *Environmental Modelling & Software*, 53, 190-206.
- Lindsay, JB. 2014. The Whitebox Geospatial Analysis Tools project and open-access GIS. *Proceedings of the GIS Research UK 22nd Annual Conference*, The University of Glasgow, 16-18 April.
- Migone, L., Schivo, F., Verón, S., Banchemo, S., & Grimson, R. (2025). Mapping overlooked wetlands: automated detection of wet meadows, ponds, and artificial wetlands in urban and peri-urban environments. *International Journal of Remote Sensing*, 1–28.
<https://doi.org/10.1080/01431161.2025.2594890>
- Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands* (5th ed.). John Wiley & Sons.
- Newman, M. E. (2003). The structure and function of complex networks. *SIAM review*, 45(2), 167-256.
- Pringle, C. M. (2001). Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: a global perspective. *Ecological Applications*, 11(4), 981-998.
- Pringle, C. M. (2003). The need for a more predictive understanding of hydrologic connectivity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13, 467–471.
- Saura, S., Estreguil, C., Mouton, C., & Rodríguez-Freire, M. (2011). Network analysis to assess landscape connectivity trends: application to European forests (1990–2000). *Ecological Indicators*, 11(2), 407-416.
- Zhang, Y., Huang, C., Zhang, W., Chen, J., & Wang, L. (2021). The concept, approach, and future research of hydrological connectivity and its assessment at multiscales. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(38), 52724-52743.

Anexo

Tabla 1. Comparación de métricas de 11 grafos de la subcuenca del Durazno generados con distintos umbrales de VEST.

Umbral de VEST del grafo (ha)		1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Cantidad total de aristas		836	617	493	428	378	360	323	298	285	259	243
Longitud de VEST	Promedio	1.264	1.305	1.250	1.230	1.262	1.256	1.260	1.249	1.240	1.271	1.258
	Mediana	915	956	919	889	938	916	881	886	887	901	886
	P 5%	201	229	217	249	260	259	272	273	272	272	272
	P 95%	345	348	348	338	345	344	347	347	338	357	342
Cubetas	Máximo grado de cubetas	18	16	11	9	8	8	8	7	6	6	6
	Grado promedio de las cubetas	1,73	1,23	0,92	0,77	0,64	0,59	0,51	0,46	0,43	0,37	0,33
	Cantidad de cubetas desconectadas	22	189	296	352	397	414	444	463	474	496	509
	Área total de cubetas conectadas (ha)	863	766	655	580	511	491	450	427	403	341	311

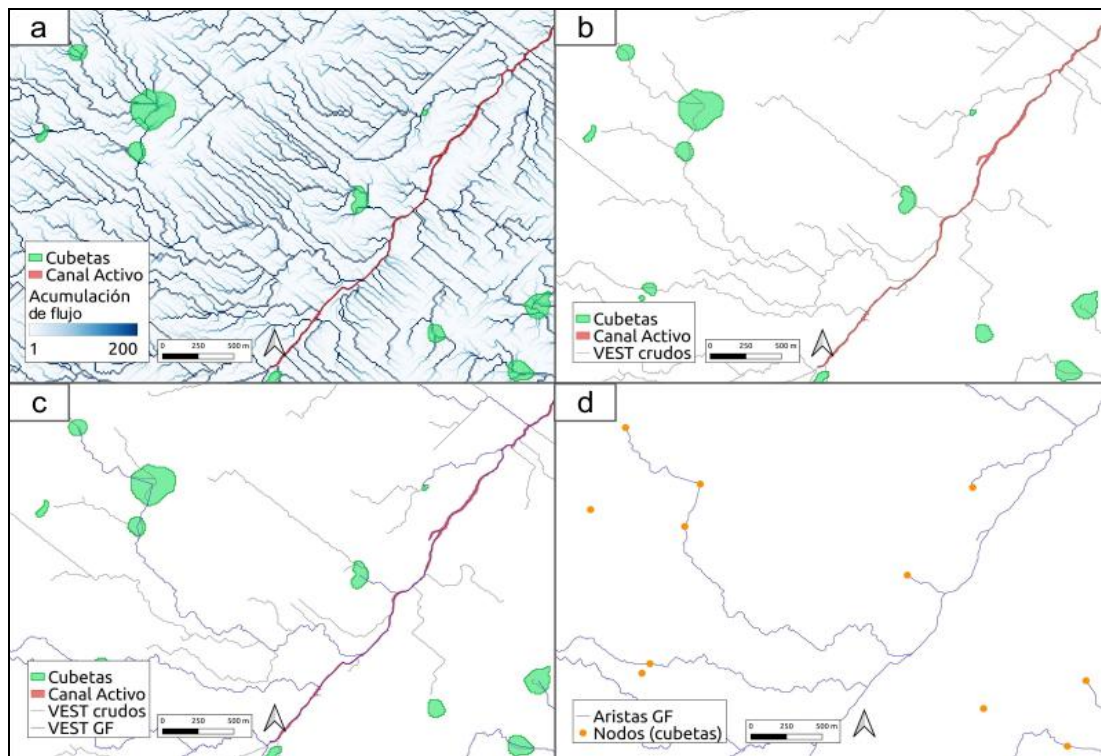


Figura A1. Pasos del procedimiento para construir un grafo en una zona de la cuenca alta del río Reconquista. (a) Acumulación de flujo. (b) VEST para un umbral de 50 ha. (c) VEST procesadas del GF. (d) GF (grafo final).