

INTERACCIÓN ENTRE LA VEGETACIÓN Y LOS PAISAJES FLUVIALES. APORTES DE LA BIOGEOMORFOLOGÍA

GONZÁLEZ, Marilina Ayelén¹; VOLONTÉ, Antonela¹

¹Universidad Nacional del Sur – Departamento de Geografía y Turismo – CONICET

marilina.gonzalez@uns.edu.ar

RESUMEN

La Biogeomorfología es una nueva forma de abordar el estudio de la interacción vegetación–sistema fluvial y permite interpretar las dinámicas de formación y evolución de los ecosistemas en general y de los sistemas fluviales en particular. El objetivo del trabajo es analizar la interacción entre la vegetación y el paisaje fluvial en una cuenca del sistema de Ventania (Buenos Aires, República Argentina). Se identificaron y analizaron tres tipos de interacciones: la primera vincula la presencia de vegetación con los cambios en la velocidad del caudal, la segunda relaciona el incremento de sedimentos cuando el cauce se encuentra colonizado por la vegetación y la tercera vincula la formación de barras y los procesos posteriores de colonización espontánea. Estos resultados son relevantes para comprender las retroalimentaciones entre vegetación, regímenes de flujo y su vínculo con la morfología fluvial y así realizar aportes a la comprensión de los cambios biogeomorfológicos con el fin de diseñar prácticas de gestión apropiadas en espacios fluviales.

Palabras clave: biogeomorfología, interacción, paisaje fluvial, vegetación.

INTERACTION BETWEEN VEGETATION AND RIVER LANDSCAPES. CONTRIBUTIONS OF BIOGEOMORPHOLOGY

ABSTRACT

The Biogeomorphology is a new way of approaching the study of the vegetation–river system interaction and allows us to interpret the dynamics of formation and evolution of ecosystems in general and of river systems in particular. The aim of the paper to analyze the interaction between vegetation and the river landscape in a basin of the Ventania System. Three types of interactions were identified and analyzed: the first links the presence of vegetation with changes in flow speed, the second relates the increase in sediment when the channel is colonized and the last links the formation of bars and subsequent processes. of spontaneous colonization. These results are relevant to understanding the feedback between vegetation, flow regimes and their link with the morphology of the river course and thus make contributions to the understanding of biogeomorphological changes to design appropriate management practices in river spaces.

Key words: Biogeomorphology, Interaction, River Landscape, Vegetation.

Introducción

A lo largo de los últimos siglos los ríos han sido modificados notablemente por la acción antrópica respecto a sus condiciones naturales. Los cambios en el uso del suelo causados por la urbanización y los usos agrícolas o, en algunos casos la alteración del régimen de caudales, se reflejan en la respuesta

hidrogeomorfológica del río produciéndose, por ejemplo, ajustes en el trazado del cauce incluso en un corto periodo. Los cursos de agua, siempre dinámicos, son excelentes indicadores de cambios ambientales (Williamson *et al.*, 2008; Macklin y Woodward, 2009; Segura Beltrán y Ollero, 2021). Por este motivo el estudio de la respuesta hidrogeomorfológica frente a estos cambios se ha convertido en un campo de estudio fundamental en el desarrollo de planes y estrategias de gestión que promuevan la conservación de estos sistemas, así como la mejora de sus condiciones si estas se encuentran en un estado degradado (Durán Vian, 2021; Ollero *et al.*, 2021; Gallegos-Reina y Calvo Delgado, 2023).

En el ambiente fluvial, las áreas de ribera constituyen territorios de extraordinaria riqueza desde el punto de vista ambiental, consecuencia de los múltiples procesos ecológicos que allí se desarrollan y del elevado rango de servicios ecosistémicos que proporcionan (Giorgi y Vilches, 2021). Estas áreas son interfases entre los ecosistemas terrestres, el agua freática y el cauce fluvial que regulan el microclima y la forma y dinámica del río. El motor de este sistema son las crecidas, mientras que, los elementos que aportan rugosidad al cauce, los propios sedimentos y muy especialmente la vegetación, constituyen el freno que regula y reduce la violencia del proceso (Ollero, 2017). Además, la vegetación de ribera intercepta el paso de sedimentos y nutrientes disueltos actuando como filtro y a su vez es un auténtico corredor biológico y una zona de reserva para la flora y fauna (Lind *et al.*, 2019).

En las últimas décadas ha habido una expansión considerable en la investigación biogeomorfológica que estudia las complejas relaciones bidireccionales entre los sistemas ecológicos (biodiversidad, estructura comunitaria y sucesión), geomorfológicos (erosión, transporte y depósito de sedimentos) y procesos evolutivos (adaptación y especiación) en una amplia gama de escalas espaciales y temporales (Corenblit *et al.*, 2011). Tradicionalmente, los cursos fluviales se clasificaron partiendo de la premisa que la forma del río es el resultado de factores físicos y producto de las interacciones entre el régimen de flujo, el régimen de sedimentos y el canal. Castro y Thorne (2019) proponen un modelo en el cual consideran a la biología como un socio igualitario con la geología y la hidrología, formando un triunvirato que modifica la corriente e impulsa el ajuste morfológico. Corenblit *et al.* (2011) han realizado desarrollos conceptuales para vincular la geomorfología y la biota. Proponen que, la presencia de especies de ingeniería geomorfológica modifica la dinámica de los sedimentos y las formas del relieve y, a cambio, estas modificaciones a menudo retroalimentan las características ecológicas del ecosistema (estructura y función) y, por lo tanto, las características biológicas de las especies de ingeniería y/u otras especies (adaptación y especiación).

Hupp, Dufour y Bornette (2016) plantean el estudio de la vegetación como una herramienta en la interpretación de formas y procesos fluviales de varias maneras: a) a través del análisis dendrogeomórfico (anillos de los árboles) para estimar el momento de eventos geomórficos importantes, incluidas inundaciones, tasas de erosión y sedimentación; b) a través de la documentación e interpretación de patrones de distribución de especies que se establecen en respuesta a las condiciones hidrogeomórficas predominantes y c) a través del papel que desempeña dependiendo del tamaño, la forma, el nivel de crecimiento, en los caudales y los procesos posteriores de erosión y deposición. Los autores afirman que la organización comunitaria y la dinámica de la vegetación en las márgenes de los ríos están fuertemente gobernadas por los procesos y las formas fluviales que, en gran medida, son creados y mantenidos por las fluctuaciones de la descarga de agua. La probabilidad de que una especie determinada crezca vigorosamente en un relieve particular es definida en función de la idoneidad del sitio para la germinación y establecimiento y las condiciones ambientales del sitio que permiten la persistencia hasta al menos la edad reproductiva.

La compleja red de interacciones entre las comunidades ecológicas y el paisaje físico está siendo afectada por los cambios ambientales del Antropoceno a escala global. El cambio climático, la destrucción del hábitat, las invasiones y extinciones están teniendo profundos impactos en los regímenes de procesos biogeomorfológicos a través de cambios en la composición y actividad de las comunidades ecológicas (Viles, 2019; Viles y Combes, 2022). En el caso de los sistemas fluviales, la presión de las actividades humanas produce un deterioro en la función y estructura de los ecosistemas poniendo en peligro la integridad ecológica de ríos y arroyos (Feijoó, 2021).

Los sistemas biogeomorfológicos combinan procesos geomorfológicos con comunidades ecológicas caracterizadas por las especies que la componen y los rasgos asociados a ellas. Estos dos elementos están estrechamente entrelazados por una serie de interacciones en gran medida condicionadas por rasgos de respuesta y efecto. Estos sistemas brindan servicios ecosistémicos que son reconocidos particularmente a medida que ha aumentado el interés en las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) para mitigar los efectos negativos del cambio climático. Estos sistemas contribuyen, en particular, a regular y apoyar los servicios moderando o previniendo perturbaciones, regulando los flujos de agua, reduciendo la erosión, ayudando a la formación del suelo, manteniendo la fertilidad del suelo, regulando el clima (mediante el secuestro de carbono) y mejorando la biodiversidad y la diversidad funcional de los ecosistemas (Costanza *et al.*, 2017).

Comprender los cambios ambientales ocurridos en los últimos siglos como consecuencia de los efectos negativos del Antropoceno es fundamental para gestionar una mayor resiliencia los ecosistemas fluviales. Conservar los procesos y funciones biogeomorfológicas contribuye a la resiliencia ambiental frente a los impactos humanos en curso. La vegetación actúa como indicadora de las condiciones ambientales de una cuenca y por ello la Geografía la estudia desde un punto de vista sistémico ya que brinda información sobre los procesos geomorfológicos fluviales que actúan a escala de tramo, posibilita cuantificar procesos más específicos como las tasas de sedimentación, erosión o la morfología del cauce y permite caracterizar procesos hidrológicos útiles para estudios de la dinámica fluvial. Es por ello por lo que el objetivo de este trabajo es analizar la interacción entre la vegetación, la geomorfología y el paisaje fluvial en una cuenca del sistema de Ventania (provincia de Buenos Aires, República Argentina) para conocer y comprender los roles y retroalimentaciones entre vegetación, regímenes de flujo y su vínculo con la morfología del curso fluvial y así poder diseñar prácticas de gestión apropiadas para los espacios fluviales.

Área de estudio

La subcuenca del arroyo San Bernardo (ScSB) nace en el sistema de Ventania que, con alturas máximas entre 900 y 1250 msnm, es la principal divisoria de agua del sur de la llanura pampeana. Nacen aquí las principales redes de drenaje de la región, entre ellas la del río Sauce Grande.

En su cuenca alta posee 21 subcuencas que drenan hacia el cauce principal. Una de ellas es la del arroyo San Bernardo que tiene sus nacientes en el cerro Tres Picos (1230 msnm.) y confluye en cercanías de la localidad turística de Sierra de la Ventana (Fig.1) drenando las laderas orientales del cordón serrano.

El área tiene un clima templado con una marcada variabilidad témporo-espacial de las precipitaciones (Gentili y Gil, 2013; Casado y Picone, 2018; Casado y Campo, 2019). Esta variabilidad se refuerza con la influencia de fenómenos meteorológicos a escala global que contribuyen a las fluctuaciones periódicas en el monto de las lluvias (Brendel *et al.*, 2017; Ferreli y Aliaga, 2015; Zapperi *et al.*, 2006, 2007).

Biogeográficamente la ScSB se encuentra en la provincia Pampeana, distrito pampeano austral (Cabrera, 1976). La vegetación predominante es la estepa de gramíneas formada por grandes matas del género *Stipa*. Hay varias comunidades que pueden considerarse climácicas como, por ejemplo, la Estepa de Flechilla y la Estepa de *Stipa ambigua*. En la zona de la cuenca baja prevalecen especies arbóreas introducidas como *Populus spp.* *Salix spp.* (Volonté *et al.*, 2013).

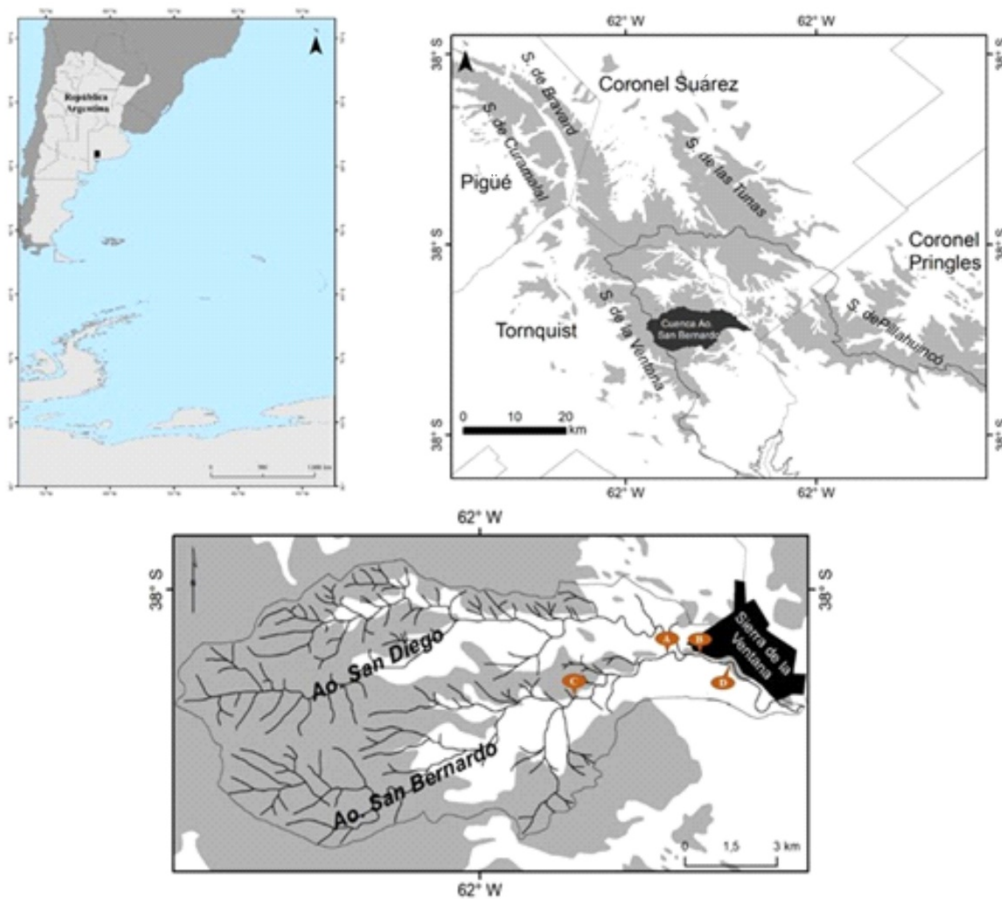


Fig. 1. Localización del área de estudio y de los puntos de muestreo (A, B, C y D)

Materiales y método

En una primera instancia, a partir del análisis de imágenes de Google Earth se identificaron patrones de distribución de vegetación, sus formas y procesos fluviales y geomorfológicos asociados.

Teniendo en cuenta que la relación entre la presencia de determinadas geoformas y su asociación con comunidades vegetales debe ser analizada en diversos contextos temporales y espaciales, el trabajo de campo se realizó desde el año 2019, en tramos con condiciones ambientales diferentes y en distintas estaciones del año.

Una vez identificadas las unidades geomorfológicas se relevaron las características de la composición, distribución y cobertura de la vegetación como también las condiciones superficiales del suelo.

Para el análisis de las interacciones biogeomorfológicas se realizaron cinco campañas que incluyeron el relevamiento de las especies acuáticas y ribereñas, la medición del ancho y largo de las barras sedimentarias y el análisis de su composición. Luego se realizaron mediciones de caudal a través de aforos directos en distintos puntos del canal principal asociados a sitios que se encontraban vegetados. Para obtener los caudales se seleccionaron secciones de control en las que se tuvo en cuenta la accesibilidad, la estabilidad del lecho y que la sección estuviera ubicada en un tramo libre de turbulencias.

Para determinar el área de las secciones transversales se midió el ancho del canal con una cinta métrica y las profundidades a cada metro a lo largo de la sección. Según Chow et al. (1994) la velocidad crece desde cero en el lecho a un máximo cerca de la superficie con un valor promedio de alrededor de 0,6 m de profundidad. Por esta razón los autores proponen medir la velocidad a 0,2 m y 0,8 m de la

profundidad cuando ésta es mayor a 0,6 m y así promediar las velocidades para obtener las velocidades medias de la sección. Esto se llevó a cabo a partir de un correntómetro (TECMES TS 1001).

Resultados

Se identificaron y analizaron tres tipos de interacciones (Fig.2). Por un lado, se observó una disminución de la velocidad de la corriente en aquellas secciones transversales que estaban ocupadas por vegetación.

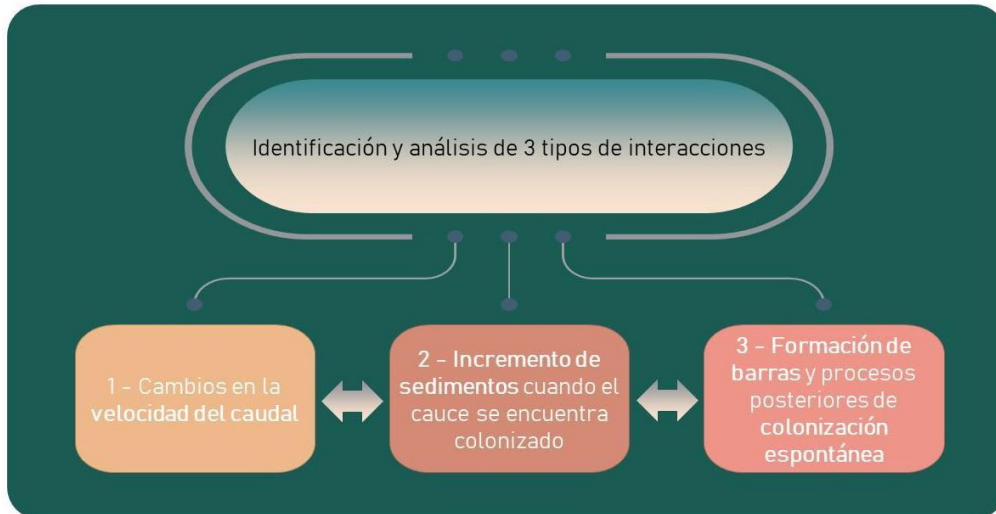


Fig. 2 Tipos de interacciones biogeomorfológicas analizadas

La segunda interacción se relaciona con el aumento de la sedimentación en los sitios que habían sido colonizados previamente. Por último, se identificó la formación de nuevos hábitats para las especies invasoras a partir de la sedimentación y posterior formación de barras. A continuación, se analizan en detalle cada una de estas interacciones.

1. *Relación entre la presencia de vegetación acuática y la disminución de la velocidad del agua.* La hidráulica del canal puede cambiar sustancialmente por el crecimiento de la vegetación (Sandercock, Hooke y Mant, 2007). Cambios en la composición y densidad de las comunidades vegetales en el fondo del valle contribuyen a generar variaciones en la resistencia y el flujo hidráulico de los cursos fluviales. Esto, a su vez, conduce a modificaciones en los patrones de erosión y deposición del sedimento y cambios posteriores en la morfología del canal. En los ambientes fluviales el caudal circulante ejerce una importante presión selectiva sobre las comunidades vegetales ribereñas y las acuáticas hasta el punto de que existen determinadas pautas adaptativas que se vinculan directamente con atributos específicos del patrón de caudales existente. Las variaciones en el caudal determinan la composición y estructura de la vegetación y, por lo tanto, conocer la relación entre la vegetación riparia y el régimen de caudales es esencial para determinar los aspectos cuantitativos y cualitativos del agua circulante necesarios para sustentar la diversidad física y biológica de estos ecosistemas y, por ende, conservar los beneficios ambientales que proporcionan (Feijoo, 2012).

Se puede citar una variedad de factores que influyen en la resistencia de la vegetación a los flujos: la flexibilidad, el área de la sección transversal, el número de tallos, la altura y la densidad de las plantas (García et al., 2004; Sandercock, Hooke y Mant, 2007). Las características climáticas del ambiente y geomorfológicas del cauce influyen también en la localización, distribución, crecimiento y propagación de la vegetación. Para analizar esta interacción se seleccionaron dos puntos de muestreo en el canal principal de la ScSB. En el primer punto (Fig. 3) se identificaron pequeñas extensiones de *Lemna* sp. (lenteja de agua) colonizando el margen del canal y ocupando una superficie de la sección transversal del canal. Esta especie se caracteriza por su fácil reproducción y puede afectar el entorno ocasionando problemas al obstaculizar el flujo continuo

de agua. La vegetación acuática altera el patrón de flujo y modifica el campo de velocidades en los sitios que coloniza. Algunos autores (Sandercock, Hooke y Mant, 2007; Trimble, 2004) sugieren que el avance de este tipo de vegetación acuática puede acumularse no solo verticalmente sino también lateralmente, de manera que puede extenderse sobre el agua, forzando a la corriente a adentrarse en aguas más profundas hasta formar un canal estrecho, casi en forma de túnel. Por otro lado, si se trata de vegetación herbácea arraigada al fondo, la misma puede evitar procesos de incisión del lecho.

En la sección analizada se observa que en los sitios donde la *Lemna* sp. se encuentra presente, la velocidad del agua arroja valores cercanos a 0 m/s mientras que en sectores desprovistos de vegetación acuática los valores de velocidad rondan los 0,02 y los 0,07 m/s (Fig. 3A). En el segundo sitio analizado se observa una sección transversal desprovista de vegetación acuática y las velocidades medidas y registradas mantuvieron un patrón esperable, aumentando desde las márgenes hacia el centro del canal. Las velocidades aquí son relativamente mayores al primer sector de muestreo debido a que este tramo recibe el aporte del principal afluente (Fig. 3B).

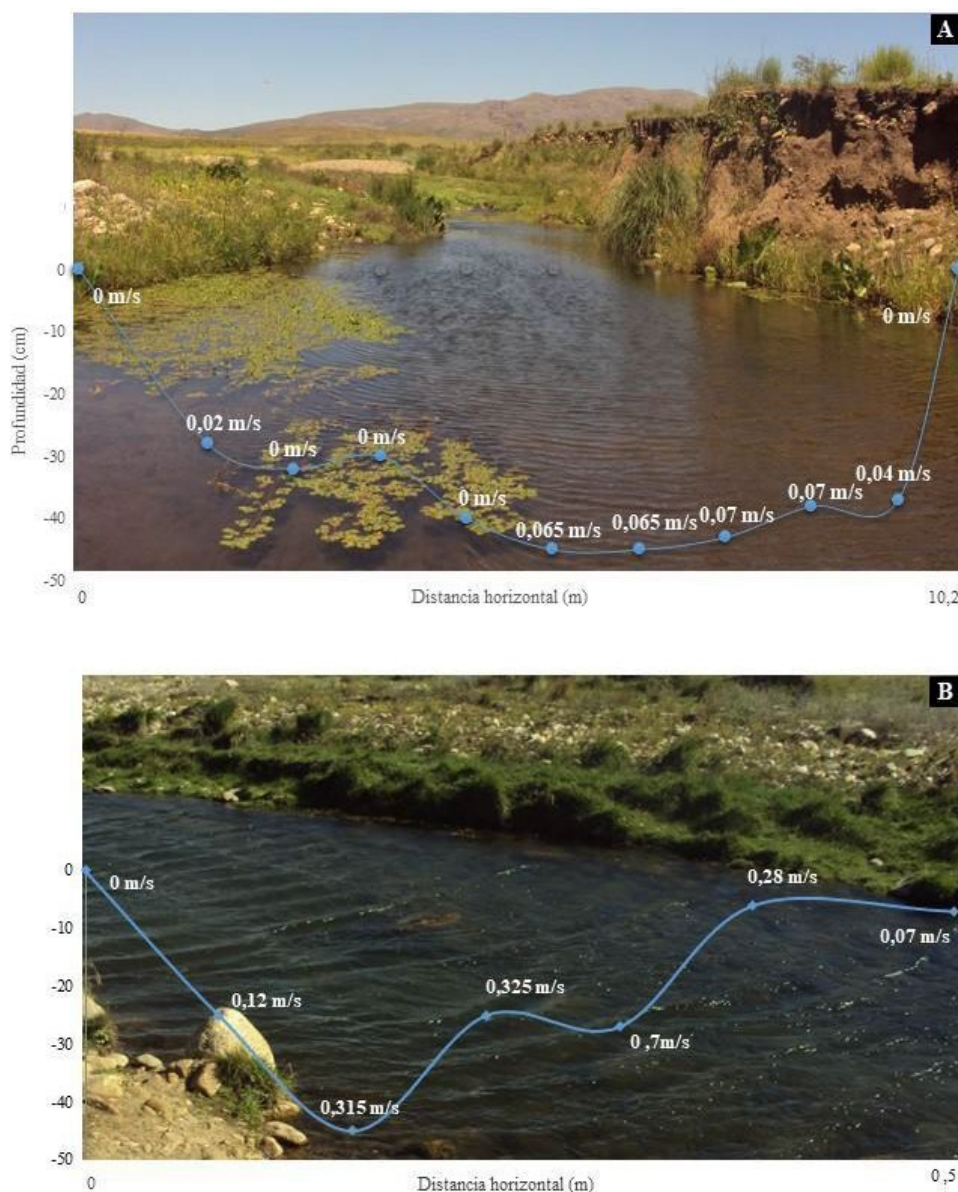


Fig. 3. Relación entre la presencia de vegetación acuática y la disminución de la velocidad del agua- Las letras A y B sobre el margen superior derecho indican la localización del punto de muestreo en la cuenca (Fig. 1)

2. *Incremento de la sedimentación en el canal en sitios colonizados por vegetación.* Los ríos y arroyos son sistemas naturales complejos cuya energía se disipa mayoritariamente transfiriendo agua,

nutrientes y sedimentos desde las cabeceras hasta las áreas de sedimentación a la vez que modelan los cauces de la red de drenaje por la que circulan (Tuset *et al.*, 2015). En el área de estudio, las crecidas son el motor de la dinámica de los cursos de agua, erosionando en sectores con pendiente y disponibilidad de material susceptible de ser erosionado y depositando en los lugares y en los momentos en los que pierde energía dando lugar a la formación de barras. Cuando las crecidas son frecuentes, la vegetación del lecho será siempre pionera y renovada, sin poder madurar. En cambio, si las crecidas se espacian en el tiempo y no existen durante varios años, la vegetación del lecho puede desarrollarse y madurar (Ollero, 2017). En esta dinámica hidrosedimentaria propia de cauces semiáridos, los patrones de distribución de la vegetación están más influenciados por elementos locales que en otros ambientes (Sandercock, Hooke y Mant, 2007) y esto ocurre debido a las discontinuidades entre aguas superficiales intermitentes y permanentes a lo largo del año. Ollero (2017) explica que en estos ambientes semiáridos coexisten estructuras de vegetación de edades distintas, algunas ya estabilizadas y otras sometidas a cambios constantes (Halifa-Marín *et al.*, 2019). En las barras desprovistas de vegetación, las crecidas distribuyen y recolocan el material sedimentario renovando y hasta cambiando su forma, tamaño y altura. En muchos casos, este proceso de sedimentación disminuye la profundidad de algunas áreas del cauce convirtiéndolos en sectores más propicios para ser colonizados. Cuando la vegetación comienza a arraigarse en muchas ocasiones se inicia un proceso natural de protección de las márgenes y del lecho.

Como cualquier otro ecosistema, las características y dinámica de los cuerpos de agua surgen de la interacción entre sus diferentes componentes, tanto bióticos como abióticos. En ocasiones, cuando la vegetación ocupa el cauce le confieren potencial no sólo para modificar las condiciones hidráulicas de los cauces sino también para retener sedimentos (Marchetti y Ramonell, 2014). En la figura 4 se observan barras que han sido estabilizadas por la colonización de la especie *Cynodon dactylon*. Durante los eventos de precipitación extrema esta vegetación cumple el rol de retener sedimentos debido a que ralentiza la velocidad del caudal. Esto es posible debido a que esta especie posee un sistema reticular profundo que estabiliza las barras. En consonancia con esto, Heppell *et al.* (2009) y más recientemente Hupp, Dufour y Bornette (2016) han demostrado que las estructuras de la vegetación dentro del cauce inducen una variabilidad local muy significativa en las tasas de sedimentación y que el establecimiento inicial de la misma aumenta la rugosidad hidráulica facilitando una mayor sedimentación y modificando las superficies iniciales relativamente inestables en superficies estables favorables para el reclutamiento de especies posteriores.



Fig.4. Barras colonizadas por la especie *Cynodon dactylon*. La letra C sobre el margen superior derecho indica la localización del punto de muestreo en la cuenca en la Fig. 1

3. *Formación de barras y procesos posteriores de colonización vegetal espontánea.* Los ambientes sedimentarios recientes son especialmente sensibles a las estrategias de colonización de la vegetación (Halifa-Marín *et al.*, 2019). Luego de la formación de nuevos relieves asociados a las

barras sedimentarias se crea un nuevo hábitat que atrae un conjunto de especies particularmente adaptadas para actuar como invasoras. Estas especies geomorfológicas ingenieras -especies que directa o indirectamente modulan la disponibilidad de recursos para otras especies al provocar cambios de estado físico en materiales bióticos o abióticos- modifican específicamente el nicho geomorfológico y pueden beneficiar la aptitud de la propia especie ingeniera y/o la de otras especies presentes en el ecosistema (Corenblit *et al.*, 2011). Estas constituyen las primeras áreas “palustres terrestres” de estos ambientes. Así se produce un proceso de retroalimentación en el cual el sedimento, una vez que ingresa al interior de la población de las hidrófitas arraigadas sigue dos caminos: se adhiere a la vegetación o se deposita en el lecho provocando un recrecimiento del fondo. Como resultado de ambos procesos en el espacio y el tiempo se producirá el crecimiento de la barra que a su vez tendrá repercusión en las velocidades y en la retención de los sedimentos en suspensión.

Las imágenes de la figura 5 corresponden a fotografías tomadas en el mismo sector del arroyo en los años 2019 y 2023. En el año 2019, luego de una crecida extraordinaria, el material arrastrado por la corriente fue depositado en el canal y dio lugar a la formación de una barra central. De esta manera se generó un micro relieve propicio para dar inicio al proceso de sucesión vegetal en la barra que ya se encuentra vegetada (Fig. 5 D). Esta relación ha sido estudiada también por Gumbricht, McCarthy y Bauer (2005) en áreas con humedales donde demostraron la sensibilidad de la vegetación ante las pequeñas diferencias locales de elevación y analizaron de qué manera la vegetación influye en el aumento de las tasas de agradación del sedimento. Eventualmente, las raíces de la vegetación inmovilizan el sedimento reteniéndolo e inactivando la función de la barra en términos de disponibilidad de sedimentos. Hupp, Dufour y Bornette (2016) consideran que la presencia de hábitats pioneros puede usarse como un indicador de la dinámica global del sistema y que esta información puede integrarse a lo largo del tiempo (décadas) para reconstruir cuantitativamente la evolución del paisaje fluvial y los cambios hidrológicos y morfológicos que ocurren dentro del cauce.



Fig. 5. Proceso de colonización vegetal en acumulaciones sedimentarias (la flecha indica la posición de la barra central). La letra D sobre el margen superior derecho indica la localización del punto en la cuenca (ver Fig. 1)

Conclusiones

La identificación y análisis de las interacciones entre geomorfología y vegetación en la ScSB permitieron destacar la importancia de estudiar de manera conjunta ambos elementos para comprender la dinámica y funcionamiento de los sistemas fluviales. La naturaleza interdisciplinaria de los problemas asociados a la cuantificación y análisis de estas interacciones requiere conocimientos de una amplia gama de disciplinas. Los cambios ambientales que ocurren a distintas escalas sean de origen antrópico o natural, influyen en los patrones de distribución y composición de la vegetación y en la dinámica hidrogeomorfológica de los sistemas fluviales, generando retroalimentaciones. Por lo tanto, para evaluar y predecir las consecuencias de estos cambios y gestionar una mayor resiliencia de los ecosistemas fluviales se requiere contar con una mirada integradora e interdisciplinaria en el estudio de estos sistemas complejos. En el área de estudio se analizaron tres tipos de interacciones

que permitieron comprobar la retroalimentación entre vegetación y geomorfología en un ambiente con un bajo grado de antropización. Este trabajo constituye un aporte preliminar al conocimiento de la dinámica biogeomorfológica de la cuenca del arroyo San Bernardo y plantea nuevas líneas de investigación a futuro.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco de los proyectos de investigación “Geografía Física aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas ambientales a diferentes escalas témporo-espaciales (24/Go92)” y “Sistema integrado de monitoreo para la evaluación y gestión de los recursos hídricos del Distrito de Tornquist (FITBA- EX-2022-11196674- -GDEBA-DTAYLDLIIIMPCEITGP)”

Referencias

- Brendel, A.S., Bohn, V.Y. y Piccolo, M.C. (2017). Variabilidad de la precipitación y su relación con los rendimientos agrícolas en una región semiárida de la llanura pampeana (Argentina). *Estudios Geográficos*, 78(282), 7-29. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201701>
- Cabrera, A. (1976). Fitogeografía de la República Argentina. Sociedad Argentina Botánica.
- Casado, A., y Campo, A.M. (2019). Extremos hidroclimáticos y recursos hídricos: estado de conocimiento en el suroeste bonaerense, Argentina. *Cuadernos Geográficos*, 58 (1), 6-26. <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i1.6751>
- Casado, A., y Picone, N. (2018). Aplicabilidad de los datos grillados para el análisis espacio temporal de las precipitaciones, provincia de Buenos Aires (Argentina). *Párrafos Geográficos*, 17(1), 46-62.
- Castro, J.M. y Thorne, C.R. (2019). The stream evolution triangle: Integrating geology, hydrology, and biology. *River Research and Applications*, 35(4), 315-326.
- Chow, T.V., Maidment, D.R. y Mays, L.W. (1994) Hidrología Aplicada. Colombia: Editorial Nomos SA.
- Corenblit, D., Baas, A.C., Bornette, G., Darrozes, J., Delmotte, S., Francis, R.A., Gurnell, A., M., Julien, F., Naiman, R. J. y Steiger, J. (2011). Feedbacks between geomorphology and biota controlling Earth surface processes and landforms: a review of foundation concepts and current understandings. *Earth-Science Reviews*, 106(3-4), 307-331.
- Costanza, R., De Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P.S., Farber, M. y Grasso, J. (2017). Veinte años de servicios ecosistémicos: ¿hasta dónde hemos llegado y hasta dónde nos queda por llegar?. *Servicios ecosistémicos*, 28, 1-16.
- Durán-Vian, F. (2021). Ríos y ciudades: delimitación y análisis del espacio fluvial en España. Estudio del uso público y la recuperación de riberas urbanas. Tesis Doctoral. Universidad de Navarra.
- Feijoó, C. (2012). La calidad ecológica de los ecosistemas fluviales. En: Feijoó, C (eds) Conservación, manejo y restauración de sistemas fluviales (81-94). Editorial INEDES: Luján.
- Ferrelli, F. y Aliaga, V. (2015). Variabilidad de las precipitaciones y sus efectos sobre la respuesta espaciotemporal de cuerpos de agua en la región pampeana, Argentina (Tesis de especialización, Universidad Nacional de Luján). Universidad Nacional de Luján.
- Gallegos-Reina, A., y Calvo-Delgado, L. (2023). El tratamiento de los riesgos naturales en los Planes de Ordenación del Territorio Subregionales de la provincia de Málaga. Propuestas de mejora. *Revista de Estudios Andaluces*, (46), 29-51.
- García, M.H., López, F., Dunn, C., y Alonso, C.V. (2004). Flow, turbulence, and resistance in a flume with simulated vegetation. *Riparian vegetation and fluvial geomorphology*, 8, 11-27.
- Gentili, J., y Gil, V. (2013). Variabilidad temporal de las precipitaciones en vertientes opuestas del Sistema de Ventania, Buenos Aires, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 22(2), 147-166.
- Giorgi, A. y Vilches, C. (2021). Rol de las riberas en los ecosistemas fluviales. En: Conservación, manejo y restauración de sistemas fluviales. *Una aproximación ecológica*. Lujan: Libros del INEDES.
- Gumbrecht, T., McCarthy, T.S. y Bauer, P. (2005). The micro-topography of the wetlands of the Okavango Delta, Botswana. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 30(1), 27-39.
- Halifa-Marín, A., Pérez-Cutillas, P., Almagro, M., Martínez-Mena, M., y Boix-Fayos, C. (2019). Dinámica geomorfológica fluvial y cambios de usos del suelo: impacto en los reservorios de carbono de suelos y sedimentos. *Bosque (Valdivia)*, 40(1), 3-16.
- Heppell, C.M., Wharton, G., Cotton, J.A.C., Bass, J.A.B. y Roberts, S.E. (2009) Sediment storage in the shallow hyporheic of lowland vegetated river reaches. *Hydrological Processes*, v. 23, p. 2239– 225.
- Hupp, C.R., Dufour, S. y Bornette, G. (2016). Vegetation as a tool in the interpretation of fluvial geomorphic processes and landforms. *Tools in fluvial geomorphology*, 210-234.

- Lind, L., Hasselquist, E. y Laudon, H. (2019). Towards ecologically functional riparian zones: a meta-analysis to develop guidelines for protecting ecosystem functions and biodiversity in agricultural landscapes. *Journal of Environmental Management*, 249:109-391.
- Marchetti, Z.Y. y Ramonell, C.G. (2014). Valoración preliminar de la retención de sedimentos por Hidrófitas en Cauces secundarios del Río Paraná Medio. *Aqua-LAC*, 6(1), 8-16.
- Ollero Ojeda, A., Conesa García, C. y Vidal-Abarca Gutiérrez, M.R. (2021). Buenas prácticas en gestión y restauración de cursos efímeros mediterráneos: resiliencia y adaptación al cambio climático. Editorial de la Universidad de Murcia.
- Ollero Ojeda, A. (2017). Hidrogeomorfología y geodiversidad: el patrimonio fluvial. Centro de Documentación del Agua y del Medio ambiente, Ayuntamiento de Zaragoza.
- Sandercock, P.J., Hooke, J.M. y Mant, J.M. (2007). Vegetation in dryland river channels and its interaction with fluvial processes. *Progress in Physical Geography*, 31(2), 107-129.
- Segura-Beltran F. y Ojeda, A.O. (2021). Cambios ambientales en los sistemas fluviales: nuevas metodologías, diversidad de casos e implicaciones para la gestión. *Cuadernos de Geografía*, (107), 7-20.
- Trimble, S.W. (2004). Effects of riparian vegetation on stream channel stability and sediment budgets. En *Riparian Vegetation and Fluvial Geomorphology*, 8, 153-169.
- Tuset, J., Querol, D.V., y Villanueva, R.J.B. (2015). Evolución morfo-sedimentaria del tramo medio del río Segre. *Cuadernos de investigación geográfica: Geographical Research Letters*, (41), 23-62.
- Viles, H. (2019). Biogeomorphology: Past, present, and future. *Geomorphology*, 366, 106809.
- Viles, H. y Coombes, M. (2022). Biogeomorphology in the Anthropocene: A hierarchical, traits-based approach. *Geomorphology*, 417. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108446>.
- Volonté, A., Duval, V., Gil, V. y Campo, A. (2013). Vegetación ribereña en la cuenca baja del arroyo San Bernardo, Sierra de la Ventana. *Boletín de GAEA*, (132), 297-305.
- Williamson, C.E., Dodds, W., Kratz, T.K., y Palmer, M.A. (2008). Lakes and streams as sentinels of environmental change in terrestrial and atmospheric processes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(5), 247-254.
- Woodward, J.C. (ed.) (2009). *The Physical Geography of the Mediterranean*. Oxford (pp. 319-352).
- Zapperi, P., Casado, A., Gil, V. y Campo, A. (2006). Caracterización de las precipitaciones invernales en el Suroeste bonaerense. In M. Cernadas de Bulnes & J. Marcilese (Eds.), *Actas de las IV Jornadas Interdisciplinarias del Sudoeste Bonaerense*. Universidad Nacional del Sur.
- Zapperi, P., Ramos, M., Gil, V. y Campo, A. (2007). Caracterización de las precipitaciones estivales en el Suroeste bonaerense. *Contribuciones Científicas*, 1(2), 483-491.

Cronología:

Recibido: 26 de septiembre de 2023; Aceptado: 21 de noviembre de 2023

Cómo citar este artículo:

González, M.A. & Volonté, A. (2023). Interacción entre la vegetación y los paisajes fluviales. Aportes de la Biogeomorfología. *Contribuciones Científicas GAEA* 35(2), 37-46.