



TIPIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE CURSOS PRINCIPALES. CUENCA DEL ARROYO EL NEGRO, SISTEMA DE VENTANIA, ARGENTINA

Alicia M. Campo¹
Verónica Gil¹
Guadalupe Ybarra Alcaráz²
Antonela Volonté¹

(Manuscrito recibido el 17 de mayo de 2016, en versión final 28 de julio de 2016)

Resumen

Los ríos son sistemas naturales abiertos, dinámicos y complejos. Su principal función es el transporte de agua, sedimentos y nutrientes pero además conforman espacios lineales de gran valor ecológico, paisajístico y territorial. Su morfología varía en función de la estructura y la forma de la red de drenaje. La tipificación de estas formas permite clasificar y caracterizar un río para aportar información clave de cada uno de los tramos a lo largo del perfil longitudinal. Si bien existen varias clasificaciones y/o tipificaciones se seleccionó la propuesta por Rosgen (1994) que combina aspectos hidrológicos, geomorfológicos y ecológicos que sirven como indicadores de dicho funcionamiento. Estas son relevantes para comprender los sistemas naturales y su actividad transformándose así en un instrumento a tener en cuenta en los planes de ordenamiento territorial. El área de estudio comprende la cuenca baja del arroyo El Negro, Argentina. En este espacio se asienta la localidad turística de Sierra de la Ventana que en su desarrollo ha ido ocupando parte de la llanura de inundación del cauce principal. En los últimos años la presión inmobiliaria en estas zonas generó la apertura de nuevos loteos para la construcción de complejos turísticos, modificando la morfología del arroyo. Por ello, el objetivo de este trabajo es caracterizar morfológicamente y tipificar el tramo de la cuenca baja del arroyo El Negro. Previo a la tipificación final se sectorizó el río en tramos siguiendo criterios de Ollero Ojeda y otros (2003). Se seleccionó el tramo correspondiente a la cuenca baja para la caracterización morfológica detallada dado que es el que presenta mayores cambios. Para esto se implementó la metodología de Thorne (1998) para luego realizar la tipificación propuesta por Rosgen (1994). La

¹ Universidad Nacional del Sur (UNS) – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Departamento de Geografía y Turismo. 12 de octubre 1198- 4º piso. Tel: 54 -291-4595144 (int. 2917). amcampo@uns.edu.ar; verogil@uns.edu.ar; antonela.volonte@uns.edu.ar

² Universidad Nacional del Sur (UNS) – Consejo Interuniversitario Nacional (CIN). Departamento de Geografía y Turismo. 12 de octubre 1198- 4º piso. Tel: 54 -291-4595144 (int. 2916). guadalupe.ybarra@uns.edu.ar

tipificación del tramo en la cuenca baja dio como resultado un arroyo de categoría A3. La metodología aplicada permitió comprender la dinámica fluvial y obtener información hidrográfica y morfológica en un sector en el cual esta es escasa o inexistente. Por otra parte permitió generar información de las condiciones hidrogeomorfológicas representativas del sector, que puedan ser tenidas en cuenta por los organismos de gestión.

Palabras clave: Cuencas hidrográficas, tipificación de ríos, morfología fluvial, Sistema de Ventania

MORPHOLOGICAL TYPIFICATION OF EL NEGRO STREAM IN ITS LOWER BASIN. VENTANIA SYSTEM, ARGENTINA

Abstract

Rivers are natural, dynamic and complex systems. Its main function is the transportation of water, sediments and nutrients, conforming areas of great ecological and territorial value. Morphology varies according to the structure and the drainage network. Fluvial systems typification classifies and characterizes rivers in order to provide substantial information about every section. Although there are several classifications and characterizations, Rosgen's combines hydrological, geomorphological and ecological aspects that serves as important indicators towards this study. River classifications are relevant to understanding natural systems and their function, being an instrument of major importance in territorial planning, which provides a significant benefit to environment and society. The area encloses the lower basin of El Negro stream in Sierra de la Ventana, Argentina. The homonym village occupies part of the floodplain of the main channel. In recent years, the real estate pressure in these areas led to the opening of new subdivisions for the construction of resorts, changing the stream morphology. The aim of this work is to morphologically characterize and typify a section located in the lower basin of El Negro stream to generate a methodology applicable to other courses in the sector. Before typification, sectioning was implemented following criteria by Ollero Ojeda y otros (2003) and utilizing aerial photographs. The corresponding portion of the lower basin was selected for morphological characterization as the one showing major changes due to being in the urbanized area. The investigation was done based on Thorne's methodology (1998), and afterwards typified following Rosgen's criteria (1994). The typification resulted in a A3 stream category based on its morphological characteristics. The methodology allows to comprehend fluvial dynamics and gather data from a sector where scarce or nonexists, in order to generate representative information about hydrogeomorphological conditions that may be taken into account by authorities.

Keywords: Fluvial morphology, Ventania System, watercourses typification, basins

Introducción

La morfología fluvial es el resultado de una interacción de procesos complejos, con escalas espaciales y temporales muy diversas (Pedraza Gilsanz, 1996). Diversos estudios en geomorfología fluvial se han abocado al estudio de la estructura y forma de los cursos de agua, incluyendo la configuración del cauce en planta, las características del perfil a lo largo del cauce, la geometría de las secciones transversales y la forma del fondo (Castillo Sánchez y González Alonso, 1986; Pedraza Gilsanz, 1996; Jiménez Sánchez, 1999; Pedraza Gilsanz, 2001; Nascentes Coelho, 2008; Gil, 2011; Sobrero y otros, 2014).

Es importante conocer los patrones morfológicos, es decir la forma predominante que caracteriza al cauce en función de la estructura y la forma del diseño de la red de drenaje. Es significativo porque determina el equilibrio dinámico a escala de tramo del río para así poder establecer una valoración sobre el estado morfológico actual y plantear las acciones adecuadas para conseguir una geometría de equilibrio con la dinámica hidrogeomorfológica en el caso de planificar algún tipo de intervención (Gutiérrez Elorza, 2008; Ibisate y otros, 2011; Escorza, 2011). Estos patrones morfológicos de los cauces junto con las características hidrogeomorfológicas de las cuencas que los determinan y las condiciones biológicas son soporte de diferentes clasificaciones fluviales (Petts y Foster, 1985; Petts y Amoros, 1996; Ollero Ojeda y otros, 2003; Horacio y Ollero, 2011; Buffington y Montgomery, 2013) que se transforman en herramientas de gestión y ordenamiento de cuencas.

En la cuenca baja del arroyo El Negro se ubica Sierra de la Ventana. En los últimos años la localidad se expandió ocupando sectores de la llanura de inundación del cauce principal. La presión inmobiliaria en estas zonas generó la apertura de nuevos loteos para la construcción de complejos turísticos. En este contexto de expansión urbana, se realizan intervenciones sobre el cauce (terraplenes, extracción de áridos, desvío de canales, etc). Es por ello, que el objetivo de este trabajo es caracterizar morfológicamente y tipificar el tramo de la cuenca baja del arroyo El Negro. Esto permitirá generar información de las condiciones hidrogeomorfológicas representativas del sector que puedan ser tenidas en cuenta por los organismos de gestión.

Área de estudio

La cuenca del arroyo El Negro (CEL) tiene origen en el Sistema de Ventania (suroeste de la provincia de Buenos Aires) el cual está formado por un conjunto de cordones de diferentes alturas que poseen sentido noroeste-sureste. El afloramiento abarca 175 km de longitud y alcanza un ancho máximo de 50 km en su parte central (Harrington, 1947). Esta es una sub-cuenca (207 km²) que pertenece a la cuenca alta del río Sauce Grande y se desarrolla sobre el sector occidental del cordón Las Tunas

y Pillahuincó. El desnivel del curso principal es de 322 m entre la naciente y su desembocadura en el río Sauce Grande (Figura 1).

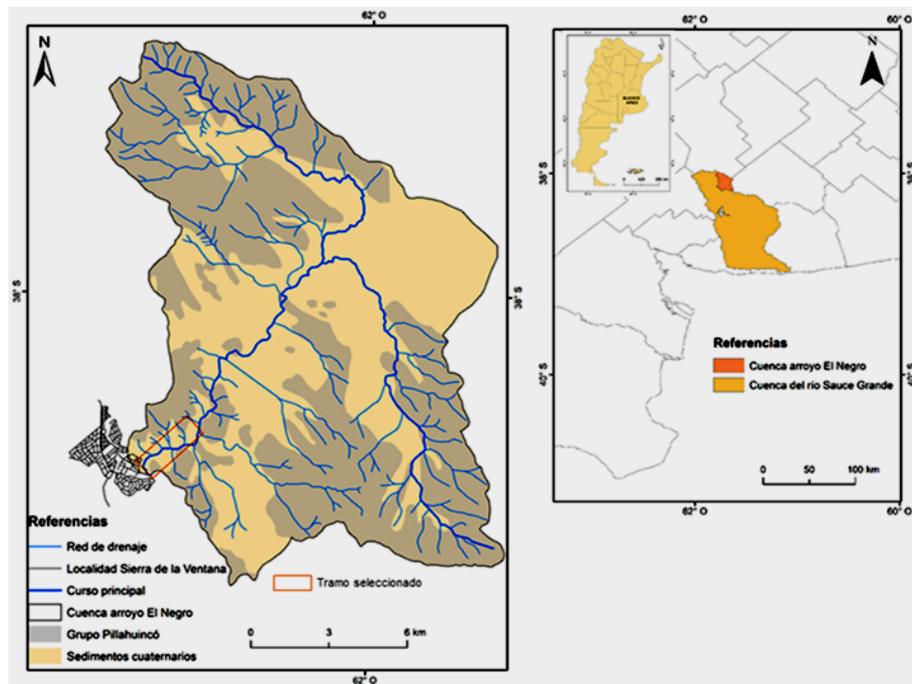


Figura 1. Localización del área de estudio. Fuente: elaborado por Volonté sobre la base de la carta topográfica IGN 1:50.000, la carta geológica LEMIT 1:200.000 y Google Earth Pro®.

Geológicamente se encuentra dentro del grupo Pillahuincó, comprendiendo las formaciones Tunas, Bonete, Piedra Azul y Sauce Grande (Andreis y Japas, 1996; Andreis y otros, 1989). Las mismas están formadas principalmente por diamictitas, conglomerados, pelitas, esquistos, pizarras y areniscas. El resto de la cuenca está caracterizada por depósitos sedimentarios cuaternarios (Pleistoceno medio-Holoceno) (Zabala y Quattrocchio, 2001). Las unidades geomorfológicas más extensas son las bajadas y las acumulaciones aluviales (Gil, 2010).

El tramo objeto de la tipificación se localiza en la cuenca baja del arroyo El Negro ($38^{\circ}08'00,6''$ S y a los $61^{\circ}46'52,2''$ O) y posee una altura promedio de 273 m.s.n.m. Sobre sus márgenes el uso del suelo es residencial no permanente (especialmente complejos de cabañas turísticas) y ganadero.

Materiales y métodos

El curso principal se dividió en tramos para lo cual se empleó cartografía topográfica oficial a escala 1:50.000 (Carta Sierra de la Ventana, 1963) del Instituto Geográfico Nacional (IGN), imágenes satelitales 2014 SPOT de Google Earth Pro® y trabajo de campo. La tramificación se realizó siguiendo los criterios propuestos por Ollero Ojeda y otros (2003). Se consideró la pendiente, la geomorfología del cauce, del valle y el caudal. Se seleccionó el tramo correspondiente a la cuenca baja para la caracterización de una sección intervenida de un cauce. Para describir las características generales del tramo se emplearon fotografías aéreas a escala 1:20.000 (CONAE- 1981).

La caracterización morfológica de los tramos donde se detallan las condiciones hidromorfológicas se realizó sobre la base de la metodología propuesta por Thorne (1998). Ello requiere de trabajo de campo para obtener la descripción geomorfológica del valle, caracterización de la llanura de inundación y su relación vertical y lateral con el canal; descripción del canal de manera cuanti-cualitativa y los sedimentos de ambas márgenes y por último el análisis y comparación de las márgenes. Una vez realizada la caracterización morfológica se utilizó la metodología propuesta por Rosgen (1994) para la tipificación del tramo. Esta clasifica a aquellos ríos con un único canal o con multiplicidad de ellos tomando variables tales como la contención vertical (*entrenchment*), el ancho, la profundidad y la sinuosidad. A partir de ello define los tipos de cursos, teniendo en cuenta la pendiente y el material del canal.

Resultados

Descripción del cauce principal

El cauce principal posee una longitud de 29 km, un desnivel de 322 m y una sinuosidad hidráulica del canal principal que alcanza el valor de 1,03 hecho que lo clasifica como un canal rectilíneo según Schumm (1963), Morisawa (1985) y Pedraza Gilsanz (1996).

El río fluye en dirección NO - SE, presentando un quiebre que lo orienta hasta su desembocadura de NE- SO, a la vera del ejido urbano de Sierra de la Ventana. La pendiente media es 3,9° presentando un valor máximo de 58,46° en el sector correspondiente a la cabecera y un desvío de 5,5° del valor medio. El principal cambio de pendiente se produce cuando se pasa de la zona de cabecera al piedemonte (Gil, 2011).

En algunos sectores de la cuenca alta se observa el control estructural característico de las sierras que permite el encauzamiento del agua, careciendo de llanura de inundación. En esta zona se originan el 72% de los cursos orden 1 de la red de drenaje, cuya orientación comprende en su mayoría los cuadrantes NE- E- NO; todos ellos carecen de vegetación.

En la cuenca media el cauce principal tiene afluentes de distintos órdenes (de dirección NO y E), se torna más sinuoso, meandriforme y desarrolla llanura de inundación. La vegetación en esta área comprende la comunidad climácica de este distrito que es la estepa o pseudo estepa de gramíneas, denominada localmente flechillar, en la que el género más abundante es *Stipa*. Finalmente, en la cuenca baja el cauce principal presenta terrazas y la llanura de inundación se vuelve más extensa. El número de tributarios decrece significativamente, proviniendo del sector NE. A su vez, la vegetación ribereña sigue acompañando la forma del curso, aunque disminuye su frondosidad con respecto a la cuenca media. Esta vegetación, principalmente las especies arbóreas, ha sido introducida suplantando así al endémico pastizal pampeano, fácilmente visible por su cercanía a la localidad serrana.

Caracterización morfológica del tramo seleccionado

En este apartado se describen las características morfológicas del tramo del arroyo El Negro siguiendo la metodología de Thorne (1998) para luego realizar la tipificación. En la Figura 2 se puede observar el perfil en planta del tramo, el cual fue seleccionado por ser el lugar donde los cambios morfológicos son más visibles y por encontrarse próximo al área urbanizada. Estos cambios se producen principalmente durante las crecidas y generan barras sedimentarias y diques formados por restos de vegetación.



Figura 2. Perfil en planta del tramo seleccionado. Fuente: elaborado por Volonté sobre la base de Google Earth Pro ®.

1) Descripción del valle y la llanura de inundación

En el tramo analizado, la llanura de inundación posee diferentes usos de suelo; sobre la margen izquierda es agrícola-ganadero y sobre la derecha es residencial no permanente con viviendas destinadas a la actividad turística. La red de drenaje tiene diseño sub-dendrítico debido a que el área serrana, afectada por plegamiento y fracturas, condiciona el trazado fluvial. El cauce, que incluye el canal principal y la

llanura de inundación es asimétrico y tiene entre 5 y 10 m de altura y un ancho de 150 m. En general el área no presenta erosión lateral en las márgenes y el sustrato se compone de material suelto (grava y arena) perteneciente al grupo Pillahuincó. Este material es transportado durante las crecidas ocasionando cambios morfológicos en el canal principal.

La llanura de inundación es asimétrica, presenta un ancho de 100 m y tiene mayor desarrollo sobre la margen derecha. La margen izquierda tiene terrazas que están constituidas mayormente por depósitos de loess (sedimento de origen eólico, a partir del cual se desarrollan los suelos de la región). En algunos sectores de la llanura de inundación se encuentran especies arbóreas (*Populus alba*) y herbáceas del pastizal pampeano de forma fragmentada. Estas especies permiten estimar la altura máxima del arroyo durante las crecidas. A modo de ejemplo en la Figura 3 se puede observar la evidencia de la última gran crecida de marzo de 2015 en la cual el agua superó los 4 m. La relación entre el canal y la llanura de inundación es de naturaleza dinámica. En el tramo analizado las terrazas presentan una altura aproximada de 5 m, hallándose cubiertas por vegetación. Los depósitos que las componen son arenas gruesas (>1 mm), finas (>0,125 mm) y clastos del tipo bloques (>64 mm). También existe una relación lateral entre el canal y la llanura de inundación, la cual se observa en la forma en planta, en este tramo presenta una sinuosidad baja ($S=1,1$) considerado “rectilíneo” según la clasificación de Rust (1978).



Figura 3. Restos vegetales indicadores de crecidas. Fuente: fotografía tomada (2015) por Ybarra Alcaráz.

2) Descripción del canal

En el tramo analizado el canal de estiaje tiene un ancho promedio de 9,60 m y una profundidad de 40 cm en el sector central. La velocidad promedio de la corriente es 1,03 m/s y presenta un flujo de agua de tipo uniforme sin controles observables de fondo o de las riberas. Los sedimentos del fondo están compuestos principalmente por bloques (>84 mm), gravas gruesas (4-64 mm) y arenas (0,05- 2 mm) (Fig. 4). En las barras laterales y centrales predomina la arena sobre las demás granulometrías.



Figura 4. Canal principal arroyo El Negro. Fuente: fotografía tomada (2015) por Ybarra Alcaráz.

3) Descripción y comparación de las márgenes

La terraza sobre la margen izquierda tienen una altura de 4 m, el material es de tipo cohesivo compuesto principalmente de loess. Se trata de una terraza estable en la que no se observan desprendimientos producto de la actividad lateral del arroyo. En los primeros 40 cm se manifiestan sedimentos de distinta granulometría, arenas, gravas y bloques pequeños. El proceso erosivo es activo, socavando y removiendo el material que se encuentra en la parte más baja de la barranca. La llanura de inundación se encuentra vegetada con especies arbóreas y herbáceas. La vegetación arbórea se presenta de forma fragmentada, con raíces expuestas y una altura superior a los 20 m. Estas especies, que se encuentran en el canal, son afectadas por las crecidas que socavan las raíces haciendo que el árbol pierda estabilidad (Fig.5).



Figura 5. Estado de las especies arbóreas al pie de ambas terrazas. Fuente: fotografías tomadas (2015) por Gil y Volonté.

La terraza derecha está compuesta por material cohesivo en casi toda su extensión siendo los sedimentos más abundantes, el limo y la arcilla. El proceso erosivo no es significativo en épocas de estiaje, activándose durante las crecidas. La barranca no es estable, si bien no se observan agrietamiento de los materiales, sí existen desprendimientos provocados por la erosión del arroyo. La vegetación está caracterizada por especies *Populus alba* y *Salix*spp, cuyos ejemplares más añejos son de más de 25 m de altura.

Tipificación del tramo según Rosgen (1994)

El tramo seleccionado posee un único canal de fondo plano. A partir de ello se calcularon los siguientes parámetros: a) contención vertical o *entrenchment* (cociente entre el ancho del canal y la llanura de inundación)cuyo valor es 0,17; b) relación entre el ancho del canal y la profundidad (5,6) y, c) sinuosidad (1,06).

A partir de estos 3 valores se definió que este tramo del arroyo El Negro es tipo es **A**(Fig. 2). Para definir el subtipo se consideró la pendiente (<0,05 %) y el material predominante del canal son las gravas gruesas (*cobbles*) dando como resultado al subtipo **A3**.Las características del tipo **A3** hacen referencia a cursos de agua angostos y moderadamente profundos.

A futuro se continuará tramificando y tipificando los cursos principales de las diferentes subcuencas que nacen en el Sistema de Ventania. Esta tipificación es importante porque permite tener un criterio en común para clasificar y caracterizar diferentes tramos a lo largo de todo el curso principal y posible de ser comparados con otras cuencas.

Conclusiones

La metodología utilizada resulto óptima para caracterizar la dinámica fluvial de un sector del cauce principal de la cuenca del arroyo El Negro. En el caso de los ríos que presentan corredores de vegetación ribereña, donde el patrón morfológico del río no se observa a través de fotografías aéreas e imágenes Google Earth®, la metodología de Rosgen permite la identificación y descripción de los diferentes patrones.

La tipificación dio como resultado un cauce de categoría **A3**. Esta clasificación junto con estudios sobre características hidrogeomorfológicas a nivel de cuenca en general son utilizadas como herramientas de gestión y ordenamiento de cuencas. La propuesta metodológica implementada se continuará aplicando en diferentes cauces principales de otras cuencas del sistema serrano para comparar resultados y establecer patrones morfológicos.

Bibliografía

- ANDREIS, R.; IÑIGUEZ, A.; LLUC, J. y RODRÍGUEZ, S. (1989). Cuenca paleozoica de Ventania, Sierras Australes, provincia de Buenos Aires En: G. Chebli & Spalletti (Eds.) (pp. 265-298). Cuencas Sedimentarias Argentinas. Instituto Superior de Correlación Geológica, Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán.
- ANDREIS, R. y JAPAS, M. (1996). Cuencas Sauce Grande y Colorado. En: Archangesiky (ed.) El Sistema Pérmico de la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.45-64.
- BUFFINGTON, J. M. y MONTGOMERY, D. R. (2013). Geomorphic classification of rivers. In: Shroder, J.; Wohl. (Eds). Treatise on Geomorphology; Fluvial Geomorphology, Vol. 9. 730-767.
- CASTILLO SÁNCHEZ, V. y GONZÁLEZ ALONSO, S. (1986). Características morfológicas de los paisajes fluviales madrileños. Papeles de Geografía, n°11. 53-62.
- ESCORZA, C. (2011). Algunos rasgos de los meandros del río Ebro en su curso próximo a Calahorra. Revista Kalakorikos 16. 307-317.
- GIL, V. (2010). Hidrogeomorfología de la cuenca alta del río Sauce Grande aplicada al peligro de crecidas. Tesis doctoral en Geografía. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.
- GIL, V. (2011). Geomorfología fluvial en el arroyo El Negro, Buenos Aires, Argentina. Revista Universitaria de Geografía, V. 20, n°1, 1-12.
- GUTIÉRREZ ELORZA, M. (2008). Geomorfología. Prentice Hall.
- HARRINGTON, H. (1947). Explicación de las hojas geológicas 33m y 34m Sierra de Curamalal y de la Ventana. Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Industria y Minería. Buenos Aires, Argentina. 43 pp.

- HORACIO, J. y OLLERO, A. (2011). Clasificación geomorfológica de cursos fluviales a partir de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles Nº 56. 373-396.
- IBISATE, A., OLLERO, A. y DÍAZ, E. (2011). Influence of catchment processes on fluvial morphology and river habitats. *Revista Limnetica*. Vol.3 0. 169-182. España: Asociación Ibérica de Limnología.
- JIMÉNEZ SÁNCHEZ, M. (1999). Geomorfología fluvial en la cabecera del río Nalón (Cordillera Cantábrica, Noroeste de España), Trabajos de Geología, nº21. 189- 200.
- MORISAWA, M.E. (1985). Rivers, form and processes. Longman, London. 222 pp.
- NASCENTES COELHO, A.L. (2008). Geomorfología Fluvial de ríos impactados por Barragens. *Caminhos de Geografia*, Vol.9, nº26. 16-32.
- OLLERO OJEDA, A.; ECHEVERRÍA ARNEDO, T.; SÁNCHEZ FABRE, M.; AURÍA IZQUIERDO, V.; BALLARÍN FERRER, D. y MORA MUR, D. (2003). Metodología para la tipificación hidromorfológica de los cursos fluviales de Aragón en aplicación de la directiva Marco de Aguas (2000/60/CE). *Geographicalia*44, 7-25.
- PEDRAZA GILSANZ, J. (1996). Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones. Editorial Rueda. Madrid. España. 414 pp.
- PEDRAZA GILSANZ, J. (2001). Geomorfología e hidrología fluvial del río Alberche. Modelos y SIG para la gestión de riberas. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 610 pp.
- PETTS, G.E. y FOSTER, I. (1985). Rivers and landscape. London, Edward Arnold Ltd. 274.
- PETTS, G.E. y AMOROS, C. (1996). Fluvial hydrosystems. London, Chapman y Hall Ltd. 322 pp.
- ROSGEN, D. L.A. (1994) Classification of natural rivers. *Wildland Hydrology*, I Steven's Lake Road, Pagosa Springs, CO 81147, USA.
- RUST, B.R. (1978). A classification of alluvial channel systems. In: A.D. Miall (Editor), *Fluvial Sedimentology*. Can. Soc. Petrol. Geol., Calgary, Mem., 5: 187-198.
- SCHUMM, S.A. (1963). A Tentative Classification of Alluvial River Channels. An examination of similarities and differences among some Great Plains rivers. *Geological Survey* 477, Washington, USA.
- SOBRERO, F.; RAMONELL, C.; PEREIRA, M.S. (2014). Cambios morfológicos del cauce principal del río Paraná en Argentina, Siglo XIX a la actualidad, *Rev. Aqua-Lac*, Vol.6, nº1. 50-62.
- THORNE, C.R. (1998). *Stream Reconnaissance Handbook*. John Wiley y Sons Ltd. 133 pp.
- ZABALA, C. y QUATTROCCHIO, M. (2001). Estratigrafía y evolución geológica del río Sauce Grande (Cuaternario), provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56 (1). 25-37.

Agradecimientos

Trabajo realizado en el marco del proyecto *Geografía Física aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas a diferentes escalas témporo-espaciales*, dirigido por la Dra. Alicia M. Campo. Proyecto subsidiado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur y por el CONICET.

A los evaluadores de la revista cuyos aportes fueron sustanciales para mejorar la calidad del artículo.