

MIGRACIONES DEL CURSO Y FORMA EN PLANTA OBSERVADAS EN RÍOS MEANDRIFORMES DE VARIAS REGIONES ARGENTINAS

Hector Daniel Farias¹, Lucas Gerardo Dominguez Ruben¹, Alfredo Fabian Reuter²

(1) Instituto de Recursos Hídricos (IRHi, FCEyT) – (2) Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA, FCF)
Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), Argentina.

E-mail: hdf@unse.edu.ar - ldominguezruben@gmail.com – freuter@unse.edu.ar

Introducción

Los ríos de llanura tienden a adquirir un patrón de alineamiento en planta de tipo meandriforme (Yalin & Silva, 2001). Este rasgo fisiográfico se alcanza a través de procesos de erosión de márgenes en la parte cóncava de las curvas y deposición de material sólido en la zona convexa, procesos que derivan en el desarrollo de migraciones laterales (y longitudinales) del curso fluvial describiendo una suerte de barrido a través de la planicie aluvial (Julien, 2002).

Muchos problemas de ingeniería hidráulica requieren de una descripción apropiada de estos procesos morfológicos (Rocha, 2009; Chang, 1988). En efecto, el diseño de obras civiles tales como caminos, puentes o cruces de conductos, o bien actividades productivas, tales como agricultura y ganadería, impone la necesidad de conocer el comportamiento de los ríos de llanura meandriformes.

En la actualidad, las técnicas de percepción remota (tales como imágenes satelitales de alta resolución) proveen un medio económico para poder enfocar el problema en un primer nivel de aproximación, y avanzar hacia la cuantificación de las tasas de migración observadas en ciertos intervalos de tiempo. Ello abre la posibilidad de reunir elementos para poder aplicar modelos más o menos sofisticados para predecir el comportamiento morfo-dinámico de tramos de ríos aluviales teniendo en cuenta variables y parámetros hidrológicos, geomorfológicos, hidráulicos, sedimentológicos, geotécnicos, edafológicos y botánicos (Schumm, 1977; Knighton, 1984).

Objetivos

La investigación que se presenta tiene como finalidad analizar cuantitativamente los procesos de migración en ríos de llanura. En particular, en esta fase de desarrollo de los estudios se busca compilar información básica para conformar una base de datos de migración de varios tramos de ríos de llanura en diversos ambientes geográficos de la Argentina. Los ríos seleccionados para los estudios iniciales son: Aranillas, Seco y Gastona, ubicados sobre la llanura tucumana al E del Aconquija; un tramo del Río Juramento, aguas abajo de la Presa El Tunal (provincia de Salta); un tramo del Río Bermejo (límite entre las provincias de Formosa y Chaco), comprendido entre las localidades de El Colorado y Lucio V. Mansilla; y, finalmente, un segmento del Río Luján, aguas arriba de la Ruta Nacional N° 9, en la Provincia de Buenos Aires (Figura 1). Se estima que estos sistemas fluviales son representativos del comportamiento de muchos ríos de llanura en las regiones involucradas.

Materiales y Métodos

A partir de los criterios de representatividad regional, puede observarse que ríos de llanura estudiados son de diferente envergadura (en cuanto a caudal dominante y, en función de este, el ancho superficial del cauce activo a nivel de desborde).

El criterio de selección, en esta etapa de la investigación, se basó en la disponibilidad de imágenes satelitales con

escenas asociadas a intervalos de tiempo en los que se pudieran apreciar cambios morfológicos inducidos por procesos de migración, de modo de poder delinear en una planimetría (en escala adecuada) la evolución del curso en ese intervalo de tiempo. Por su parte, se buscaron tramos de ríos en los que se disponga de datos hidrométricos (que permitan estimar los caudales circulantes en los momentos de las escenas que se analizaron) y, eventualmente, datos geotécnicos para poder tipificar tanto el material presente en las márgenes como en el lecho del río. En general, se trata de cauces con lechos arenosos (en los casos de los ríos Bermejo y Luján, el material se sitúa entre el rango de los limos y arenas finas), mientras que las márgenes están conformadas por materiales con ciertos grados de cohesión (en general, suelos estratificados, con presencia de capas clasificadas como CL-ML en el SUCS).



Figura 1.- Ubicación de los Ríos estudiados.

Las secuencias de imágenes satelitales compiladas fueron analizadas y procesadas a los fines de poder estimar cuantitativamente los parámetros morfométricos de interés, tales como anchos de cauces, longitud de onda y amplitud de meandros, radios de curvatura, etc. Las escenas se organizaron por capas y se procedió al trazado (vectorización) de las líneas de márgenes (correspondiente al nivel del umbral de desborde o bankfull), siguiendo los lineamientos fijados para la apreciación de tales características morfológicas. Los tramos de cursos seleccionados se segmentaron para poder identificar sectores con marcado diseño meandriforme. Para cada una

de las curvas C_i identificadas para el análisis, y teniendo en cuenta las dos instancias de tiempo (t_1 y t_2) que describen la migración, se determinó la envolvente de la superficie de barrido a través de una 'polilínea', de la cual se calcularon su área (A_{Mi}) y su perímetro (P_{Mi}), para así conformar la base de datos usadas en el análisis de migraciones de meandros (Constantine et al., 2009).

Evaluación de Resultados

En una primera instancia se procedió al análisis de la geometría de meandros observados en cada río, para poder tipificar el comportamiento de los cursos en relación a estos aspectos y a la vez poder comparar el mismo con patrones observados en otras regiones del mundo y disponibles en la literatura (e.g., Rosgen, 1996).

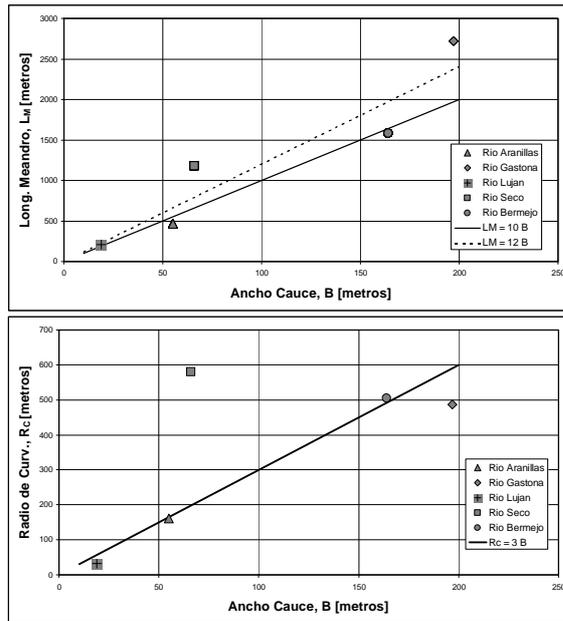


Figura 2.- Propiedades de los Meandros

En la Figura 2 se presentan algunos de los resultados obtenidos, tales como el comportamiento de la longitud de meandros (L_M) y el radio de curvatura (R_c) en función del ancho medio del cauce a nivel de desborde (B). A fin de clarificar el gráfico los puntos representados para cada río indican los valores promedio de todos los segmentos analizados. En el gráfico L_M - B se han trazado también las relaciones observadas en la literatura (del tipo $L_M = K_L B$, donde K_L es una constante, que varía entre 10 y 12 según la fuente) (Farias, 2005). Se observa que los ríos analizados, el Aranjillas, el Luján y el Bermejo muestran comportamientos que tienden a colapsar sobre la recta $K_L=10$, mientras que el Seco y Gastona (ríos muy sinuoso y dinámicos en términos de migraciones) se ubican incluso por encima de la recta $K_L=12$, lo cual indica longitudes de meandros por encima de la tendencia media a nivel global. Por su parte, en la relación R_c - B nuevamente los ríos que se apartan de la tendencia general (en torno a la recta $R_c=3B$) son el Seco y el Gastona, el primero marcadamente por encima de la función media y el segundo levemente por debajo. La interpretación inmediata indicaría que estos cauces muestran un grado de inestabilidad morfológica en cuanto a la geometría de sus meandros.

En la Figura 3 se presenta el comportamiento de la migración específica (M/B , donde M es la tasa media de migración anual) en función de la razón R_c/B en un gráfico del tipo Nanson & Hickin (Julien, 2002). En este

caso se han graficado todos los puntos analizados. En el marco de la apreciable dispersión que se observa se indican las envolventes sugeridas por N&H. Puede advertirse que una gran fracción de los puntos se ubica dentro de esas envolventes. Nuevamente, muchos de los puntos del Río Seco se apartan de ese comportamiento general, con tasas de migración específica mucho mayores a las reportadas en la literatura, y también se observan (con valores más moderados de M/B) datos de los ríos Luján, Gastona y Aranjillas por encima de la envolvente.

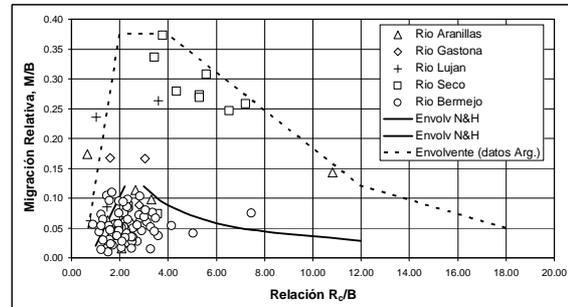


Figura 3.- Migración observada en los ríos estudiados

Un aspecto a destacar es que, al margen de las discrepancias, los valores de migración máxima se ubican en el rango de R_c/B de 2 a 4, lo cual coincide con los valores reportados en la literatura (Julien, 2002).

Conclusiones

Se han presentado aspectos de geometría de meandros y migraciones de ríos de llanura pertenecientes a varias regiones argentinas. El comportamiento de estos ríos se compara con lo observado a nivel global en cuanto a estos tópicos, con algunas excepciones que muestran casos de apreciable inestabilidad morfológica.

Referencias Bibliográficas

- Chang, H. H. (1988). *Fluvial Processes in River Engineering*. J. Wiley and Sons, New York, USA.
- Constantine, C.R., Dunne, T. & Hanson, G.J. (2009). "Examining the physical meaning of the bank erosion coefficient used in meander migration modeling". *Geomorphology*, Vol. 106, pp. 242–252. doi:10.1016/j.geomorph.2008.11.002
- Farias, H.D. (2005). "Forma en Planta de Ríos de Llanura. Conciliación de Criterios Empíricos y Analíticos para la Identificación de Umbrales Morfológicos". 2º Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos, Neuquén, Argentina. [http://irh-fce.unse.edu.ar/TC/TC_Farias_Forma_en_Planta.pdf]
- Julien, P. Y. (2002). *River Mechanics*. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Rocha Felices, A. (2009). "La Morfología Fluvial y su Incidencia en la Estabilidad de las Obras Viales". VII Congreso Internacional de Obras de Infraestructura Vial. Academia Peruana de Ingeniería, Lima, Perú.
- Rosgen, D. (1996). *Applied River Morphology*. Wildland Hydrology, Pagosa Springs, Colorado, USA.
- Schumm, S. A. (1977). *The Fluvial System*. Blackburn Press, UK & USA.
- Yalin, M.S. & Ferreira da Silva, A.M. (2001). *Fluvial Processes*. IAHR Monograph, A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, The Netherlands.