

# ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA EVOLUCIÓN Y ESTABILIDAD DE CAUCES FLUVIALES CON LECHO DE ARENA

María Teresita Pilán, Francisco José Pece Azar, Hector Daniel Farias

Instituto de Recursos Hídricos, FCEyT-UNSE Av. Belgrano (S) 1912, (4200) Santiago del Estero, Argentina.

e-mail: tpilan@unse.edu.ar

## Introducción

En el caso de ríos de llanura, cuando la pendiente del valle aluvial es muy pronunciada en relación al caudal líquido y sólido que transporta un canal prismático que fluye sobre ella, este cambia su configuración general transformándose en un canal con talweg sinuoso, en un canal trenzado o en un canal con meandros plenamente desarrollados. Estos cambios están directamente relacionados al tipo de transporte de sedimentos que se produce en el canal.

Sobre la base de la recopilación de antecedentes de experiencias realizadas en microcanales y en otras propias, se puede afirmar que al cabo de un tiempo que oscila entre 12 y 24 horas, el perfil de la sección transversal de un microcanal se estabiliza, el ancho  $B$  de la superficie libre es constante y el lecho adquiere una configuración de equilibrio en función de las características de las variables independientes iniciales: diámetro medio, caudal líquido y caudal sólido.

En la naturaleza son comunes los ejemplos de patrones de meandros, pero la reproducción en laboratorio de canales con una sinuosidad alta y bien definida es aún compleja.

En aquellas experiencias que el microcanal disponía de una mesa amplia de arena, o dicho de otra forma, de un "valle", luego que los mismos alcanzaran su configuración de equilibrio, bajo condiciones controladas (aumento de transporte en suspensión, modificación del ángulo de entrada del agua, disminución de la carga de fondo), se formaron meandros en el talweg, barras romboidales, barras alternadas y meandros en su lecho o simplemente el cauce se modificó hasta producir verdaderos meandros. El tiempo de experimentación requirió en algunos casos de varios días. Esta configuración de equilibrio en planta parecería estar en función, además de las variables mencionadas, de la relación de aspecto, y del proceso mediante el cual se alcance la pendiente de equilibrio (Yalin & Silva, 2001).

## Objetivos

Observar la evolución de un canal prismático excavado en una mesa con pendiente variable para un caudal constante. Medir las variables dependientes. Analizar y comparar con resultados experimentales anteriores y cauces aluviales naturales.

## Experimentos

La mesa experimental está conformada por un recipiente de 1.50 m de ancho, 7.30 m de largo y 0.30 m de profundidad. Se encuentra apoyada en una estructura reticular que cuenta con apoyos que le permiten vascular y variar la pendiente con buena precisión. En el extremo aguas abajo posee un depósito para el almacenamiento del agua. Aguas arriba cuenta con sistema de aquietamiento que permite eliminar los vórtices antes del ingreso del agua al canal excavado. El sistema de recirculación cuenta con una bomba centrífuga de  $\frac{1}{2}$  HP que toma el agua y los sedimentos en suspensión del depósito de aguas abajo para impulsarlos hasta el aquietador. En un tramo de la cañería de impulsión se

dispone un piezómetro diferencial para determinar los caudales instantáneos de recirculación, el que se calibró mediante aforos volumétricos. Como accesorio del canal se construyó un carro móvil que se desplaza a lo largo de este y permite montar los elementos requeridos para la compactación, nivelación del terreno y la excavación del canal, así como del instrumental para realizar las mediciones necesarias durante las experiencias (Fig.1).

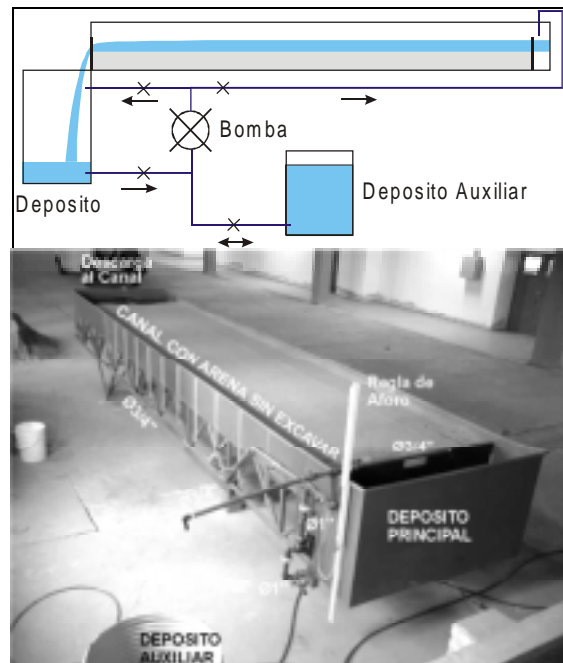


Figura 1.- Instalación Experimental



Figura 2.-Configuración Inicial

Se realizaron experiencias para pendientes entre 0.5 y 3 por mil. En todos los casos se permite el ingreso del agua a caudales bajos y progresivamente se alcanza el caudal deseado, 0.4 l/s. Al cabo de pocos minutos se observa en el tramo inicial la formación de formas de fondo, las cuales varían de acuerdo a la pendiente del canal.

Para una pendiente del 3 por mil, el lecho se cubre con barras en el centro, ensancha su sección y disminuye considerablemente su tirante. Para una pendiente de 2 por mil, el lecho se cubre de barras múltiples siendo su configuración final la de un canal trenzado. Para una pendiente del 1 por mil, las barras son alternadas y se

observa la formación de un talweg sinuoso. Con el correr de las horas, los bordes del cauce se curvan, alcanzando un estado de equilibrio al cabo de 48 horas de experimentación. La configuración final de la sección transversal de control se muestra en la Figura 3.



Figura 3.- Sección transversal de control

Como se observa, la sección final es la típica de un canal aluvial en estado de equilibrio. Sin embargo, la configuración en planta del microcanal presenta variaciones significativas en relación a su original, tal como lo muestra la Figura 4.



Figura 4.- Configuración final al cabo de 48 h.

En la parte superior se observa un talweg sinuoso, mientras que en la parte final está trenzado. Esto estaría indicando un cambio en la pendiente del fondo del canal

en relación a algún valor límite. Estudios anteriores (e.g., Schumm y Khan, 1972) presentan situaciones semejantes. Siguiendo sus resultados, se estaría en torno al valor límite superior de la pendiente, por encima del cual la planimetría, cuando el transporte en suspensión disminuye es con talweg sinuoso, y cuando aumenta, tiende a adquirir un patrón trenzado.

Los meandros se presentan en un cauce cuando este fluye sobre un valle cuya pendiente es muy pronunciada para el caudal líquido y transporte en suspensión que dicho cauce conduce. Aún no se ha establecido este patrón en las experiencias realizadas.

Un aspecto importante en el contexto de la estabilidad de cauces lo constituye la razón de aspecto  $\Gamma$  o relación ancho profundidad. En la Fig. 5 se presenta un gráfico de  $\Gamma$  en función del caudal adimensional  $Q_* = Q / (g \Delta d^5)^{0.5}$ , en el que se incluyen más de 700 datos de ríos naturales, canales estables y micro-canales de laboratorio.

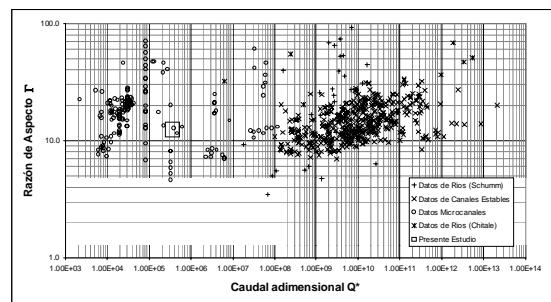


Figura 5.- Relación entre razón de aspecto y caudal adim.

Para un rango de valores de  $Q_*$  que cubre 11 ciclos logarítmicos, se observa que la gran mayoría de los datos se agrupan en el rango de valores de  $\Gamma$  de 8 a 24, ubicándose los experimentos de este estudio en el rango de 10 a 20, lo cual es un indicativo de estabilidad morfológica y representatividad de ríos de llanura.

## Conclusiones

Las experiencias llevadas a cabo hasta el presente en un cuenco de arena muestran buenas perspectivas en cuanto a la obtención de una importante base de datos para contribuir a la comprensión de algunos fenómenos relativos a la evolución y estabilidad de ríos de llanura. En particular, se han identificado los umbrales a partir de los cuales se desarrollan barras alternadas y tendencias a la formación de talwegs sinuosos. Los valores de razón de aspecto encontrados para los ríos de cauces únicos cuasi-rectilíneos sitúan a los micro-canales de estos experimentos dentro del rango de estabilidad dinámica o régimen.

## Referencias Bibliográficas

- Smith, C. E. (1998). "Modeling high sinuosity meanders in a small flume". *Geomorphology*, Vol. 25, pp. 19-30.
- Schumm, S.A. & Khan, H.R. (1972). "Experimental Study of Channel Patterns". *Geological Society of America Bulletin*, v.83, p. 1755-1770.
- Valentine, E.M.; Benson, I.A.; Nalluri, C. y Bathurst, J.C. (2001). "Regime Theory and Stability of Straight Channels with Bankfull and Overbank Flow". *Journal of Hydr. Research*, Vol. 39, No. 3, pp. 259-282.
- Yalin, M. S. & Ferreira da Silva, A. M. (2001). *Fluvial Processes*. IAHR Monograph. Delft, The Netherlands.