

## EROSION EN ZONA DE CONFLUENCIAS

Juan Carlos Minetti y María Eugenia Werlen

Evaluación de Recursos S.A. (EVARSA)

N. Avellaneda 3180 – (S3000GMD) Santa Fe, Argentina. TE: 0342-4560895.

[jminetti@evarsa.com.ar](mailto:jminetti@evarsa.com.ar) [mewerlen@evarsa.com.ar](mailto:mewerlen@evarsa.com.ar)

### Introducción

Cuando dos ríos o un brazo de un mismo río se encuentran en una confluencia se crea un flujo helicoidal. Dicho flujo es responsable de la erosión del lecho y de la presencia aguas abajo de la confluencia de un canal, similar a las hoyas profundas que se encuentran en las zonas externas de las curvas.

La dinámica de flujo convergentes y divergentes, así como la morfología de las regiones de convergencia de un canal ha sido estudiada a lo largo de las últimas décadas por varios investigadores.

### Confluencias de canales

Las áreas tales como sedimentología, geomorfología e hidráulica fluvial han enfatizado su atención en estudios relacionados con la dinámica del flujo y la morfología que presentan las zonas ubicadas en las confluencias de dos brazos de un mismo o distintos ríos.

Cuando los canales convergen en un sistema entrelazado, se producen cambios rápidos en la velocidad y la distribución de sedimentos que resulta en modificaciones de la geometría del lecho del río.

La morfología de la zona de confluencia (geometría de las desembocaduras, profundidad de erosión) está controlada por el ángulo de confluencia y la relación existente entre las descargas.

Best encontró que un incremento en el ángulo de confluencia o la relación de descarga producen erosiones mayores en la confluencia y la disminución de sedimentos en la zona próxima al sector donde se incrementa la turbulencia.

Los modelos del comportamiento de confluencia han tradicionalmente asumido que en la convergencia los brazos poseen igual profundidad (Best 1987) una condición que raramente se encuentra en los sistemas naturales.

Best y Roy (1991) sugirieron que la diferencia en profundidad en dos brazos que convergen tiene un efecto significativo en la mecánica del flujo de tres dimensiones y sobre la mezcla de flujos agua abajo de la misma. Ellos además sugirieron que el proceso de diferencia de profundidad puede ser explicado por el desarrollo del flujo helicoidal.

En experimentos de laboratorio y en observaciones de campo (Mosley 1976) se observó que tanto el ángulo como la erosión en la confluencia en una unión particular varía de manera consistente con la relación de descarga y la carga de sedimento.

Para entender las modificaciones morfológicas que se producen en la zona de confluencia es necesario estudiar los factores tales como cambios en la orientación del flujo aguas arriba, características del material de lecho como ser su estructura y mineralogía.

### Objetivo

Para determinar erosiones en zona de confluencias, existen

ecuaciones donde fundamentalmente se debe cumplir que la relación entre el caudal mayor y el menor no sea mayor de 2.2.

Cuando esta hipótesis no se cumple, no se obtienen resultados satisfactorios y deben emplearse otras herramientas para la predicción de procesos erosión o sedimentación del lecho.

El presente trabajo pretende mostrar los efectos erosivos y las características hidráulicas y sedimentológicas, así como los cambios morfológicos producidos en el lecho del Río Paraná en un sector ubicado aguas abajo de una isla, donde confluyen dos corrientes provenientes de ambos lados de la misma y la relación de caudales es cercana a 5.

### Zona de Estudio, Equipos y Métodos

La zona de estudio comprendió un sector del Río Paraná Superior ubicada en el Km 1220, entre las ciudades de Corrientes y Paso de la Patria.

Allí se encuentra ubicada la Isla Guáscara la cual divide al Río Paraná en dos brazos, uno denominado Brazo Principal ubicado contra la margen correntina y el otro llamado Brazo Guáscara ubicado contra la margen chaqueña.

Se realizaron dos campañas de mediciones, la primera en Enero de 2003 y la última en Junio de 2004. Tomando como referencia el extremo de aguas abajo de la Isla, el área de estudio se localizó entre 1000 metros aguas arriba y 1000 metros aguas abajo del mencionado punto.

Ambas campañas se realizaron para una condición de aguas medias a aguas medias bajas del Paraná.

El equipo de medición utilizado en este trabajo fue un perfilador de corriente ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), Marca RDI Modelo Workhorse de 600 Khz de frecuencia, montado a un costado de la embarcación.

Con el mismo se obtuvieron los valores de profundidades, velocidades y caudales. Con la incorporación de un posicionador satelital GPS se ubicaron planimétricamente los puntos de medición.

En el brazo Principal se realizaron perfiles de medición transversales a la corriente cada 100 metros y en el brazo Guáscara cada 50 metros. Mediante perfiles longitudinales, se relevó la zona de aguas abajo cercana a la isla, zona de encuentro de ambos brazos, a los efectos de obtener información más detallada.

En la Figura 1 se muestran las trayectorias realizadas con la embarcación durante el relevamiento de los perfiles. En promedio, se realizó una medición cada 5 metros.

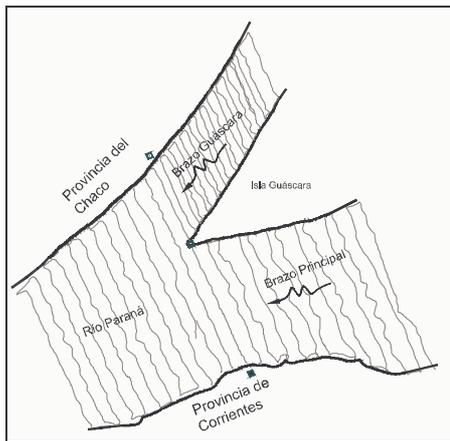


Figura 1

Para caracterizar sedimentológicamente la zona de estudio, se extrajeron en ambas campañas muestras del material que compone el lecho, mediante el empleo de un cono de arrastre.

Se obtuvieron para cada una de las muestras la curva de distribución granulométrica a partir de ensayos de tamizado para el material arenoso y el método del hidrómetro para material limo-arcilloso, que presentaron las muestras extraídas del brazo Guáscara cercanas a la isla.

### Evaluación de los resultados

A partir de las curvas granulométricas se identificó al material componente del lecho obteniendo los valores correspondientes a los diámetros  $d_{50}$ ,  $d_{65}$  y  $d_{90}$ .

Para calcular las velocidades de corte  $U_*$  en cada uno de los puntos de medición, se calculó aplicando las ecuaciones [1] y [2] según el comportamiento hidráulico encontrado el fondo determinado por el  $Re_*$  (Reynolds de corte).

Para  $Re > 70$  Contorno hidráulicamente rugoso

$$\frac{U}{u_*} = 5.75 \log \left( \frac{11h}{k_s} \right) \quad [1]$$

Para  $5 > Re > 70$  Transición

$$\frac{U}{u_*} = 5.75 \log \left( \frac{u_* h}{0.3v + 0.09 u_* k_s} \right) \quad [2]$$

Con los valores de las velocidades de corte obtenidos y empleando la ecuación [3], se calcularon las tensiones de corte.

$$\tau = \rho_w \times u_*^2 \quad [3]$$

De esta manera se obtuvo una distribución de las tensiones en toda la zona de estudio, que permite analizar y distinguir sectores con posibilidades de erosión, deposición o transporte.

Con la información de las profundidades se trazaron los

perfiles transversales obtenidos en ambas campañas con el fin de identificar la existencia de cambios importantes en la morfología del lecho.

En la Figura 2 se pueden observar los perfiles correspondientes al brazo principal del Paraná ubicados en la progresiva 100 metros aguas abajo del extremo de la isla.

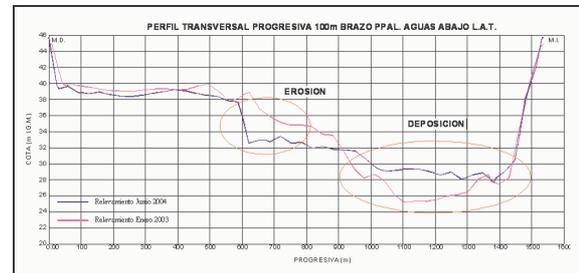


Figura 2

En la misma se identifican dos sectores, uno ubicado en la zona de encuentro de las corrientes donde se produjo una erosión del lecho y el otro en la zona de mayores profundidades, donde se observó deposición de material.

Mediante la utilización de distintos diagramas que relacionan la velocidad de corte, tensión de corte y el tamaño de la partícula (Hjstrom, Van Rijn entre otros), para los valores obtenidos con las ecuaciones [1], [2] y [3] con la información recolectada en el perfil de la Figura 2 y para ambas campañas, confirmaron la existencia de los procesos de erosión y deposición.

### Conclusiones

Si bien existen ecuaciones para la determinación de erosiones en zonas de confluencias de dos brazos o cursos de agua, las hipótesis de aplicación de las mismas no siempre se cumplen y cuando ello ocurre se debe recurrir a otros elementos para predecir el comportamiento de la morfología del lecho.

Las herramientas utilizadas en este trabajo no permiten cuantificar la magnitud de la erosión, pero sí identifican sectores donde prevalece la tendencia a la erosión o a la sedimentación.

### Referencias bibliográficas

- Perillo, G.** (2003): *Dinámica del transporte de sedimento*. Publicación especial N° 2 de la Asociación Argentina de Sedimentología.
- Richardson, W.** (1997): *Secondary flow and channel change in braided rivers* – Tesis University of Nottingham
- Van Rijn, L.** (1993): *Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas*. Aqua Publications