

## PROCESOS DE FORMACIÓN DEL RÍO PARANÁ MEDIO. NUEVOS PARADIGMAS PARA SU ESTUDIO

C.G. Ramonell, R. Szupiany, E. Latrubesse<sup>(2)</sup>, M. García, M.S. Pereira,  
M. Gallego, Z. Marchetti, E. Cafaro, A. Paira, F. Latosinsky, A. Bosisio y G. Torres

Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH), Universidad Nacional del Litoral, Argentina

<sup>(2)</sup> Dept. of Geography and the Environment, University of Texas at Austin, USA

E-mail: cgramonell@yahoo.com.ar

### Introducción

Los paradigmas sobre procesos exógenos de formación de los ambientes aluviales evolucionaron sustantivamente desde mediados del siglo XX: el esquema original de *acreción vertical* de sedimentos se complementó con el de *acreción lateral* hacia los '60, como resultado de mejores observaciones sobre divagación de cauces acumuladas al momento. En esa década la 'morfología fluvial' comienza a diferenciarse de la 'geomorfología' (fluvial) en una vía "independiente", hasta los estudios actuales sobre 'morfoodinámica', que auspician su reencuentro. Entre tanto se incorporaron las nociones del *sistema fluvial* de Schumm (años '70), de la *remoción catastrófica* de Nanson ('80), y el de la *avulsión* de las fajas aluviales, destacada recién en la literatura moderna (Bridge, 2003).

La necesidad de nuevas investigaciones y modelos sobre procesos de construcción fluvial sigue fundamentándose, en especial, en la última década, para los grandes ríos: Latrubesse et al. (2005) y Latrubesse (2008) identificaron a la temática entre las poco esclarecidas de los 'mega-ríos' (de caudales medios  $\geq$  a  $\sim 17000 \text{ m}^3/\text{s}$ , como el del Paraná aguas abajo de Corrientes), puntualizando las implicancias básicas y aplicadas de su mejor conocimiento.

### Estado del Arte en el Río Paraná Medio

Los textos editorializados por Paoli y Schreider (2000) e Iriondo et al. (2007), reúnen el conocimiento actual sobre los procesos físicos de formación del río. A estos se suman estudios en curso (e.g., RPRT, 2010) e informes de consultoría regionales (vinculados a temas de inundación, navegación o conexiones viales de envergadura).

Buena parte de los estudios antecedentes se iniciaron en los '70 bajo los paradigmas de la época, diferenciando los procesos del río según fueran 'de cauce' vs. 'de inundación'. El esquema no implicaba sólo los ámbitos físicos donde sucedían los fenómenos fluviales, sino también su intensidad y cualidad, en la forma que suele aplicarse en sistemas de cauce-planicie de ríos menores (disminución de la morfogénesis hacia la periferia del sistema, *acreción vertical* de finos predominante en las áreas alejadas de los cauces mayores, etc.).

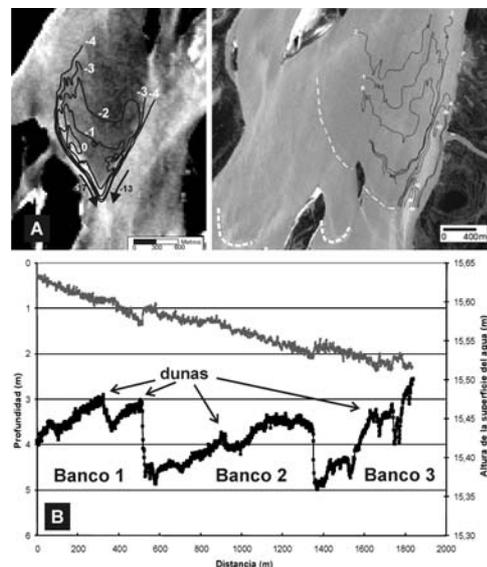
Si bien desde temprano se reconoció en la planicie la coexistencia lateral de varias unidades geomorfológicas (rasgo inusual en ríos menores), sus propiedades hidrosedimentológicas se explicaron ajustadas a tal perspectiva. En el valiosísimo volumen de información generada desde entonces, es dable advertir como subyacente, sino en forma directa, el enfoque aludido.

Luego de experiencias vitales como la del "Workshop on Morphodynamics Processes in Large Lowland Rivers" (FICH-CIEGRI, 2007), los autores dimos continuidad a las investigaciones temáticas en el marco de proyectos con base en la FICH, sustentados en tres premisas: la *interdisciplinariedad*, reuniendo a profesionales de la geología, hidráulica/hidrología, biología/ecología y cartografía/geografía, la *integración de escalas temporales de análisis* amplias, propias de las disciplinas involucradas, y la visión del río como *sistema interrelacionado*, en el espacio, tiempo y componentes.

En lo que sigue se presentan algunos emergentes de estos estudios, que promueven nuevos enfoques conceptuales.

### Observaciones Nuevas y Novedosas

Pereira et al. (2010) comunicaron datos novedosos sobre la morfología, frecuencia y tasas de avance de bancos de arena sumergidos del cauce principal, evaluados desde imágenes satélite (Fig. 1A). Dada sus geometrías, el dorso de los bancos, más tendido, sirve de rampa para el avance de las dunas del río (Fig. 1B); los incrementos del nivel del agua sobre los bancos, a favor del desplazamiento del conjunto de formas, son evidentes en la gráfica.



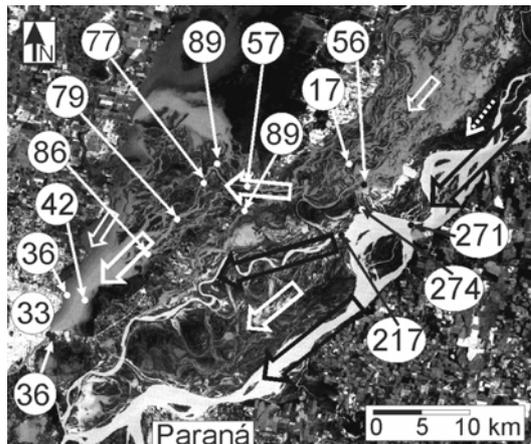
**Figura 1.- A:** Bancos de arena sumergidos. Las isobatas verifican su geometría linguoide. **B:** Longitudinal del fondo y superficie del agua (relevada con DGPS RTK) sobre bancos sucesivos.

Tal información original complementa la del nivel siguiente en escala, de evolución geomorfológica y transporte de sedimentos en tramos sucesivos del cauce principal (Pereira et al., 2009). A la par de cuantificar diferencias y semejanzas, allí se señala la relevancia de la sedimentación de limos y arcillas dentro de las islas, a tasas promedio que, localmente, superaron los 5 cm/año.

La Fig. 2 ilustra las trayectorias de la carga de lavado en diferentes zonas del río cerca de Santa Fe, en condición de desborde. Como rutas relativas, éstas se mantienen desde parte del siglo pasado, aún variando los niveles hidrométricos. Contrastan allí las mayores concentraciones en los cursos mejor conectados con el cauce principal, en relación a sectores cercanos, casi libres de sedimento. Así, la sedimentación de finos en torno a tales cauces podría superar la de otros ambientes, importando más la conexión *activa* de las aguas que su lentitud (que interviene: v. pp. 139 en Iriondo et al., 2007, y concentraciones menguantes entre el delta y la laguna en Fig. 2).

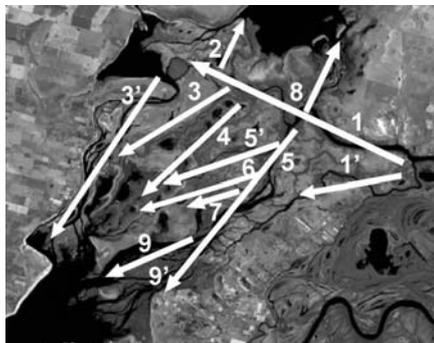
Evidencias geomorfológicas de ello fueron presentadas por Ramonell et al. (2011), que incluyen la depositación de finos en el *interior* de cauces que se han ido desactivando durante décadas o menos: la vegetación hidrófita arraigada dentro de esos cursos no sólo actúa

como factor de rugosidad, sino como filtro directo y permanente de los tamaños transportados en suspensión. Igual función cumple la intrincada vegetación (en el estío) de los albardones linderos a los cauces, en los desbordes.



**Figura 2.-** Imagen Landsat 5 del 10-04-2010. El tamaño de las flechas indica concentraciones relativas de carga de lavado (la de puntos: agua libre de sedimentos). Las cifras son concentraciones de limos y arcillas (en mg/l) evaluadas para el 02-03-2011.

Un ejemplo se tiene en los canales deltaicos del A° Leyes (Fig. 3). El delta completo se ha formado por avulsiones en pocos cientos de años, sobre un sustrato sedimentario decamilenario representado por pocos metros de limos y arcillas, que cubren arenas del Pleistoceno superior (Ramonell & Latrubesse, 2010). Los cauces N° 3 y 4 fueron activos en el siglo XX, cegándose luego de la apertura de los cursos N° 5. La desactivación progresiva favorecida por la sedimentación en hidrófitas arraigadas está en marcha en varios canales aguas abajo de estos.



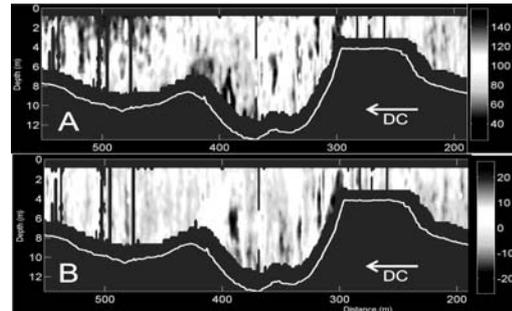
**Figura 3.-** Delta del A° Leyes. Las flechas indican direcciones de avance de canales y lóbulos deltaicos asociados; los números, edades relativas (1: post-siglo XVII; 5: 1982–83; 8: 1992).

Las partes más activas del delta hoy corresponden a los canales/lóbulos deltaicos N° 5-9 (avance promedio: 550 m/año) y 8. Las arenas de los lóbulos proceden sobre todo del subsuelo, alcanzadas por profundas hoyas de erosión en la embocadura de los canales (Fig. 4). El mecanismo que conduce a la formación de tales hoyas fue descrito por Ramonell et al. (2007) como de “erosión al pie de albardón”, un proceso que resulta de la interacción entre la morfodinámica actual del sistema, y su particular estructuración geológica. Desde esa primera descripción al presente, se han relevado hoyas de este tipo de hasta 20 m de profundidad en arroyos de la planicie.

### Los Nuevos Paradigmas

El Paraná es un enorme espacio de interacción simultánea de procesos hidráulico-hidroclógicos y bióticos (y, no evaluados aquí, antrópicos), en un escenario que se viene estructurando con desigualdades desde hace miles de años, i.e., el tiempo de sus unidades geomorfológicas. La

sedimentología y pendientes de estas unidades (paleopendientes, en casos), y sus relaciones espaciales entre sí, inciden en la distribución areal de los fenómenos hidráulico-sedimentológicos, e incluso en su magnitud, atenuando o exagerándolos. A veces como causa, y otras como consecuencia, los procesos fluviales en este sistema no tienden siempre a homogeneizar desniveles, sino también a crearlos, lo que origina condiciones avulsivas de distinta escala. Existen notables variaciones temporales y espaciales en la morfodinámica del río, aún en distancias cortas. La sedimentación de finos no debería considerarse un fenómeno asociado sólo a los desbordes, sino más permanente, regulado por la conectividad de la red hidrográfica con las principales vías de aporte.



**Figura 4.-** Longitudinal relevado con ADCP de la embocadura del cauce N° 8 (Fig. 3). **A:** campo de velocidades primarias (cm/s): adviértanse las mayores velocidades dirigidas al centro de la hoya, de más de 12 m. **B:** componentes verticales del campo A, mostrando velocidades ascendentes en torno a la hoya.

### Referencias

- Bridge, J. S.** (2003). *Rivers and floodplains. Forms, processes and sedimentary records.* Blackwell Sc., U.K.
- Iriondo, M., J.C. Paggi & M.J. Parma (Eds.)** (2007). *The Middle Paraná River: Limnology of a Subtropical Wetland.* Springer-Verlag, Germany.
- Latrubesse, E.** (2008). “Patterns of anabranching channels: the ultimate end-member adjustment of mega rivers”, *Geomorphology*, 101, pp. 130–145.
- Latrubesse, E., J.C. Stevaux, R. Sinha** (2005). “Tropical rivers”, *Geomorphology*, 70, pp. 187–206.
- Paoli, C. y M. Schreider (Eds.)** (2000). *El Río Paraná en su tramo medio. Una contribución al conocimiento y prácticas ingenieriles en un gran río de llanura.* Centro de Publicaciones de la Univ. Nac. del Litoral, Argentina.
- Pereira, M.S., M.D. Montagnini, E. Cafaro, M. Gallego, J. Hernández y C.G. Ramonell** (2009). “Disparidades de evolución morfológica y transporte sedimentario en ensanchamientos sucesivos del río Paraná”. *Cuarto Simp. Reg. Hidrául. de Ríos*, 14 pp. Salta.
- Pereira, M.S., C.G. Ramonell, E. Latrubesse & R. Szupiany** (2010). “Análisis de bancos sumergidos del río Paraná Medio a través de imágenes satelitales”. *XXIV Cong. Latinoamer. de Hidráulica*, 8 pp. Punta del Este.
- Ramonell, C.G., E. Drago, A. Paira & M. Amsler** (2007). “Levee toe scour: a mechanism of sediment reworking in the Paraná River floodplain”. *Workshop on Morphodynamic Proc. in Large Lowland Rivers*, Santa Fe.
- Ramonell, C.G. & E. Latrubesse** (2010). “Late Quaternary sedimentary record and morphodynamics of the Middle Paraná River”. *18<sup>th</sup> ISC*: 736. Mendoza.
- Ramonell, C.G., E. Latrubesse y M.S. Pereira** (2011). “Procesos y ritmos de construcción actuales de la planicie aluvial del río Paraná Medio, geoformas resultantes”. *XVIII Cong. Geol. Arg.*, pp. 1247-1248. Neuquén. (Texto completo en evaluación en la *Rev. Asoc. Geol. Arg.*)
- RPRT (Rio Parana Research Team)** (2010). “Linking process and depositional architecture in large rivers: an integrated field and modelling approach”. *18<sup>th</sup> ISC*: 862.