



# APLICACIÓN DE DIFERENTES TÉCNICAS DE MEDICIÓN PARA LA CUANTIFICACIÓN DE VARIABLES HIDRO-SEDIMENTOLÓGICAS EN UN SISTEMA DELTAICO DEL RÍO PARANÁ

**Ru, Micaela<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Centro Internacional de Estudios de Grandes Ríos, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, UNL, Santa Fe, Argentina*

*Director: Domínguez, Lucas*

*Codirector: Szupiany, Ricardo*

*Área: Ingeniería*

Palabras claves: delta, técnicas de medición, transporte de sedimentos en suspensión.

## INTRODUCCIÓN

En la planicie aluvial del río Paraná se presentan numerosos cauces de diversas jerarquías, los cuales interactúan otorgándole un gran dinamismo morfológico. Esta interacción produce el traslado de agua y sedimento desde el cauce principal a subsistemas secundarios dentro del valle aluvial. Uno de estos es el sistema deltaico A° Leyes - Laguna Setúbal, en donde se transfiere una importante carga de sedimento proveniente del aporte del río Bermejo, fundamentalmente durante el período Diciembre-Mayo. Este fenómeno anual produce el avance del delta a tasas aceleradas, reduciendo el área de la laguna Setúbal y, por ende, comprometiendo el desarrollo socio-económico y recreacional que allí se genera.

La complejidad geomorfológica y la importante cantidad de cauces que involucra este subsistema, hacen dificultosa la puesta en marcha de un plan integral de mediciones continuas que ayuden a comprender su dinámica y predicción del comportamiento futuro. Por tales motivos, es necesaria una correcta planificación y selección de técnicas de medición de las variables hidráulicas y sedimentológicas, que permitan obtener resoluciones espaciales y temporales adecuadas y reduzcan los tiempos y costos de los relevamientos.

## OBJETIVOS

El presente trabajo pretende describir la aplicación y combinación de diferentes técnicas de medición hidro-sedimentológicas, nuevas como tradicionales, para la cuantificación del flujo, morfología y transporte de sedimento aplicadas a todo el sistema A° Leyes-Laguna Setúbal.

- Título del proyecto: Bifurcaciones en el sistema del río Paraná: procesos hidro-sedimentológicos e implicancias en su morfodinámica
- Instrumento: CAID
- Año de la convocatoria: 2016
- Organismo financiador: UNL
- Nombre completo del director: Szupiany, Ricardo

Se presenta, además, la aplicación del código Acoustic Sediment Estimation Toolbox (ASET) para la estimación del transporte de sedimento en suspensión, a través de la intensidad acústica de retorno medida con ADCP. Para finalizar, se discuten resultados preliminares destacando ventajas y desventajas de las técnicas empleadas.

## ZONA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

El sistema deltaico A° Leyes- Laguna Setúbal nace sobre el cauce principal del Paraná a unos 35 km al Noreste de la ciudad de Santa Fe (-31.520264°, -60.330172°) (Figura 1). Cerca de la embocadura y tras la unión de los cauces Colastinecito y río San Javier, comienza el A. Leyes. Este presenta un caudal medio anual de 1750 m<sup>3</sup>/s a la altura del puente sobre RN n°1, aguas

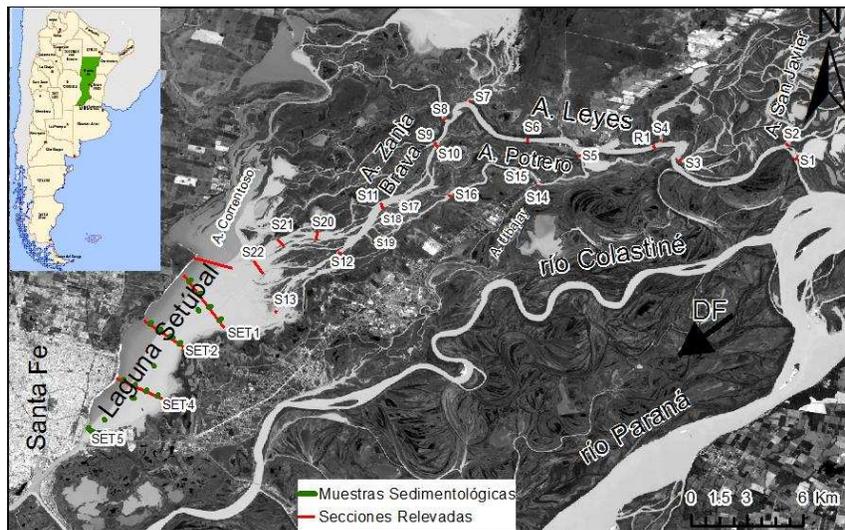


Figura 1.- Zona de estudio y ubicación de secciones relevadas. Imagen provista por Earth Explorer. LANDSAT 8 OLI. Fecha 18/03/2019

abajo de la bifurcación con el A° Potrero (Figura 1). Dada la sucesiva división de caudales que componen el delta y descargan en la Laguna Setúbal, la geometría de estos cauces se va modificando hacia aguas abajo. Los resultados preliminares que se describen en el presente trabajo, forman parte de los relevamientos realizados durante el 3 al 9 de abril del 2018 (C2018), coincidente al período de máximos aportes del río Bermejo al sistema Paraná y a un nivel hidrológico medio del sistema Paraná.

La ubicación de las secciones de medición fue seleccionada a fin de obtener una resolución espacial adecuada, de acuerdo a los objetivos a alcanzar. Las mismas se ubican sobre los cauces principales A° Leyes y A° Zanja Brava, sus tributarios y distributarios (A° Potrero, A°. Pando, A°. Ubajay y A°. Falso Toro).

En todo el sistema se realizó un relevamiento batimétrico, mediante el uso de ecosonda monohaz Raytheon de 200MHz conectada a GPS Leica de precisión. Los aforos líquidos en secciones pre-establecidas se realizaron con un ADCP Río Grande 1200 kHz Teledyne RD Instruments, conectado también al GPS (Figura 2). Respecto a la pendiente superficial del pelo de agua, se utilizó un sistema de posicionamiento global en forma diferencial y a tiempo real (RTK-DGPS).



Figura 2.- a) ADCP Río Grande Teledyne RD Instrument 1200 kHz, b) Embarcación hidrográfica y c) Ecosonda Raytheon simple haz

Sobre las secciones seleccionadas para los aforos líquidos se tomaron dos muestras integrales de material suspendido, con el muestreador US P-61 (Figura 3b), y una muestra de fondo del cauce con los denominados conos de arrastre (Figura 3a). Las muestras de sedimento en suspensión fueron

procesadas en laboratorio por medio de filtrado húmedo con tamiz 230 (62  $\mu\text{m}$ ) y posterior evaporación para determinación de la concentración de fracción gruesa (arenas) y carga de lavado (limos y arcillas).

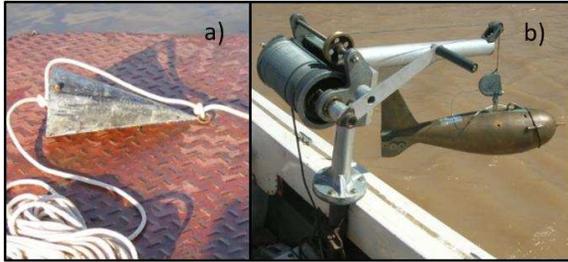


Figura 3.- a) Cono de arrastre y b) Muestreador US P-61.

Respecto a las muestras de fondo se optó, dependiendo de sus características físicas, realizar tamizado seco o el empleo del método de Hidrómetro para la determinación de porcentajes de fracción fina y gruesa. Por último, con el fin de cuantificar el transporte de fondo, se llevaron a cabo mediciones estáticas de 5 min. con ADCP. De esta manera, mediante la función del “Bottom Track” de los ADCP, es posible estimar las velocidades de las partículas cercanas al fondo (Latosinski et al., 2017). Todo el equipamiento se

montó sobre la embarcación hidrográfica provista por la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) (Figura 2b).

## RESULTADOS

A continuación, se presentan resultados preliminares con el fin de poder analizar la combinación de metodologías de medición empleadas. La Figura 4 muestra un esquema de la región medida

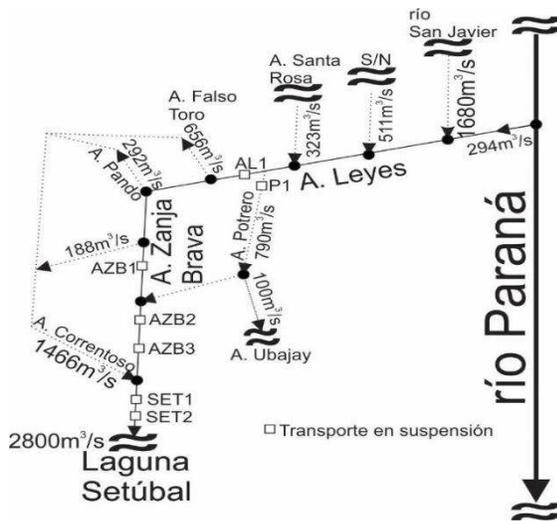


Figura 4.- Diagrama de continuidad de caudales líquidos medidos por el ADCP en C2018

con los caudales líquidos relevados. Si bien la complejidad del sistema dificulta un relevamiento íntegro al momento de realizar mediciones (particularmente sobre la región del delta), los resultados obtenidos son satisfactorios, pues existe una diferencia porcentual del 10% entre el caudal que ingresa al sistema Lagunar (2540  $\text{m}^3/\text{s}$ ) y los caudales medidos sobre la Laguna de (2800  $\text{m}^3/\text{s}$ ).

Tabla 1.- Comparación en la estimación de  $G_{ss}$  por método tradicional y tecnología acústica.

Muestra	Caudal líquido [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	ASET $G_{ss}$ [ $\text{kg}/\text{s}$ ]	Tradicional $G_{ss}$ [ $\text{kg}/\text{s}$ ]	Desvío [%]
S1	294	5	3.2	69
S2	1681	23	16.3	42
S5	791	11	5.2	120
S6	2089	24	11.2	112
S7	656	9	4.5	98
S8	292	3	2.0	39
S13	170	1	0.9	16
S22	906	5	3.1	53
SET 1	2805	3	7.7	-59

La Tabla 1 muestra los resultados del transporte en suspensión de la fracción gruesa ( $G_{ss}$ ) obtenidos a través del método tradicional y acústico (ASET). Se destaca que para la aplicación de ASET se usó la calibración acústica correspondiente

al sistema Paraná, considerando las mismas características físicas del material en suspensión. Nótese que el desvío máximo entre ambos métodos es del orden del 100 %, error aceptable para la estimación de esta variable. Por último, cabe destacar que el valor de Gss es nulo sobre la Laguna Setúbal, indicando procesos de depositación de este material sobre la misma.

## DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

Los resultados abordados en el presente trabajo pretenden ser una línea base respecto a la combinación de métodos tradicionales y acústicos para la caracterización hidrosedimentológica del sistema en estudio. Si bien la complejidad de la región plantea grandes dificultades para su relevamiento, gran parte de estas pudieron ser sorteadas por las nuevas tecnologías implementadas.

Respecto a los resultados, las mediciones de caudales líquidos con ADCP fueron precisas, mostrando reducidas diferencias de cierre entre los caudales relevados a lo largo de la región de estudio. Esto destaca dos puntos: la correcta elección de las secciones de medición y la correcta aplicación y precisión de la tecnología.

En cuanto a los valores de transporte en suspensión de fracción gruesa (Gss), se presentan aceptables diferencias porcentuales entre lo calculado por el método acústico (ASET) y lo relevado por método tradicional. Esta diferencia puede deberse al uso de la calibración correspondiente al sistema Paraná y no a la propia del sistema, como así también al muestreo de sólo dos verticales de manera integral por sección, pudiendo originar errores por la escasa resolución espacial.

Por último, se plantea a futuro realizar una serie de trabajos de campo en la misma región en otro estado hidrométrico, incrementando además las verticales de muestreo y verificando las características granulométricas del material en suspensión (granulometría), para una posterior calibración y verificación.

## BIBLIOGRAFÍA

**Dominguez Ruben L., Latosinski F., Szupiany R. y Lopez Weibel C.** (2015). *Acoustic-Sediment Estimation Toolbox (ASET): un software para estimar transporte de sedimento en suspensión con ADCP*, 7 Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos Montevideo, Uruguay.

**Latosinski, F. G., Szupiany, R. N., Garcia, C. M., Guerrero, M. y Amsler, M. L.** (2014). *Estimation of concentration and load of suspended sediment in a large river by means of Doppler technology*, Journal of Hydraulic Engineering, DOI: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000859, 140(7), 04014023.

**Szupiany, R., Lopez Weibel, C., Guerrero, M., Latosinski, F., Wood, M., Dominguez Ruben, L., and Oberg, K.** (2018). *Estimating sand concentrations using ADCP-based acoustic inversion in a large fluvial system characterized by bi-modal suspended-sediment distributions*. Earth Surf. Process. Landforms, DOI: 10.1002/esp.4572