

# HIDRODINÁMICA EN UNA UNIDAD CONFLUENCIA-BIFURCACIÓN DE CANALES DE MAREA, ESTUARIO DE BAHÍA BLANCA, ARGENTINA

R. Szupiany<sup>1,2</sup>, S. Ginsberg<sup>2,3</sup>, F. Latosinski<sup>1,2</sup> y S. Aliotta<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Centro Internacional de Estudios de Grandes Ríos, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, UNL, 3000 Santa Fe, Argentina.

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.

<sup>3</sup>Instituto Argentino de Oceanografía, CONICET-UNS. Complejo CRIBABB, La Carrindanga Km 7, (8000) Bahía Blanca.

E-mail: rszupian@fich.unl.edu.ar

## Introducción

Las confluencias y bifurcaciones de cauces naturales son unidades claves que controlan la mezcla y la partición del caudal, tanto líquido como sólido, afectando la estabilidad tanto de la unidad como así también de los cauces aguas arriba y abajo de la misma. Estas unidades han captado la atención de un número importante de investigadores, quienes orientaron sus estudios a través de diferentes aproximaciones que pueden diferenciarse según el carácter de las actividades implementadas: i) laboratorio, ii) modelación numérica y, en menor medida, iii) estudios de campo. Una buena síntesis del estado actual de conocimiento en confluencias y bifurcaciones es brindada por Rice et al. (2008) y Marra et al. (2014), respectivamente.

Sin embargo, la gran mayoría de estos estudios se focalizó en sistemas fluviales o deltaicos con efecto de la marea limitado o nulo y con dirección única del escurrimiento (i.e. actuando sólo como confluencia o sólo como bifurcación). En este sentido, en sistemas estuarinos como el aquí estudiado se presenta una hidrodinámica particular en donde la densa red de drenaje y cauces interconectados convergen o divergen continuamente durante las condiciones de inundación y reflujos durante el ciclo de marea. Por lo tanto, una unidad funciona como confluencia para el estado de reflujos y como bifurcación durante el estado de inundación, generando particulares estructuras del flujo y cambios morfológicos producto de una combinación de procesos aun no suficientemente dilucidados.

Hasta el momento, las investigaciones en el sitio de estudio (estuario de Bahía Blanca, Argentina) se han concentrado en el análisis de la dinámica sedimentaria y evolución morfológica (Ginsberg y Perillo, 1999 y Aliotta et al., 2004) y comportamiento de formas de fondo (Aliotta y Perillo, 1987).

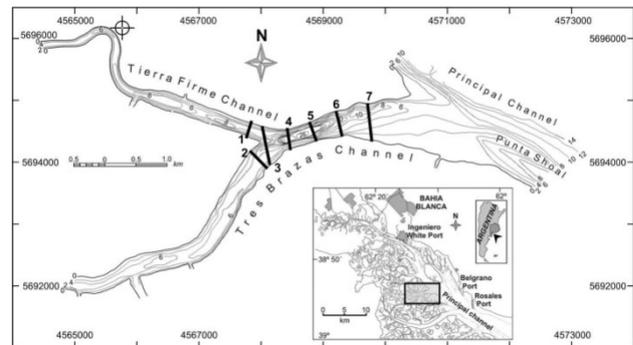
El presente trabajo brinda resultados preliminares de la hidrodinámica de un sistema confluencia/bifurcación del estuario de Bahía Blanca, Argentina. Para ello se realizaron mediciones in situ a lo largo de la unidad y ciclo completo de marea utilizando un perfilador de corriente acústico Doppler (ADCP). Se presenta un análisis de la variación de la relación de caudales, momentos y velocidades medias a lo largo de un ciclo, examinando además la estructura del flujo.

## Zona de estudio y metodología

La zona de estudio se localiza en el estuario de Bahía Blanca (Provincia de Bs. As., Argentina) (Figura 1). El mismo se caracteriza por una extensa planicie de marea cubierta por una densa red de canales de marea y arroyos, en una dirección predominante NW-SE. La circulación está dominada por una marea semidiurna, casi estacionaria (Perillo y Piccolo, 1991). El rango promedio de la marea varía de 2 m, en la boca del estuario, a 3.8 m en su sector interno. Las corrientes de marea son reversibles, con velocidades máximas medidas en la superficie de aproximadamente 3 m/s y valores máximos promediados verticalmente de 1,2 y 1,05 m/s para condiciones de reflujos e inundación, respectivamente (Ginsberg y Perillo, 1999).

La unidad en estudio la componen los canales denominados

Tierra Firme (TF) y Tres Brazos (TB), conectándose este último con el canal Principal (Figura 1).



**Figura 1.-** Estuario de Bahía Blanca, Argentina. Características morfológicas y ubicación de secciones relevadas.

Los relevamientos de campo consistieron en mediciones con perfilador de corriente acústico Doppler (ADCP) marca Teledyne RD Instruments, de 600 kHz de frecuencia acoplado a un sistema de posicionamiento satelital (GPS, Trimble con precisión submétrica). Las mediciones se realizaron con embarcación en movimiento en 7 secciones transversales a lo largo de la unidad (secciones 1 a 7, Figura 1). Además, se realizaron doce tandas idénticas de medición durante un ciclo de marea correspondiente a los días 22 y 23 de Mayo de 2013 (intervalo 12:40 pm a 04:05 am), comenzando de la sección 1 hacia la 7 para cada tanda. Se realizó un recorrido por sección a fin de que cada tanda tarde el menor intervalo de tiempo posible. En Figura 2 se observa la distribución de la altura de la marea para el comienzo de cada tanda.

Para el procesamiento del campo de velocidades y estructura del flujo (determinación de corrientes primarias y secundarias en cada sección transversal) se empleó el método de cero caudal transversal.

## Resultados

En Figuras 2 y 3 se presentan los comportamientos del flujo a lo largo del ciclo de marea analizada en las secciones 1 y 2. Cabe aclarar que la unidad se comporta como una confluencia entre las tandas 3 a 6, correspondientes al estado de reflujos (rama descendente en el nivel de marea), mientras que entre las tandas 8 y 11, correspondientes al estado de inundación, como bifurcación (rama ascendente en la curva de marea). En las ramas restantes las condiciones son cuasi-estacionarias.

Un complejo comportamiento se observa en la relación de caudales ( $Q$ ) y momentos ( $M = \rho QV$ ; donde  $\rho$  es la densidad del fluido y  $V$ , la velocidad media en la sección). Al comienzo del reflujos (tanda 3, modo confluencia) se produce una mayor descarga del brazo TB, produciendo bajos valores en la relación de caudales y momentos (definiendo  $Q1$  caudal del brazo TF y  $Q2$  caudal del brazo TB). Posteriormente (tandas 4 y 5) comienza un proceso inverso llegando hasta relaciones cercanas a 2 y 5 en  $Q1/Q2$  y  $M1/M2$ , respectivamente (Fig. 2A). Sin embargo, el pico de caudales y velocidades (momentos) se presenta en tanda 4 sugiriendo que durante este período se

produce la mayor condición hidrodinámica, y consecuente efectos morfológicos sobre el lecho del canal. Para las tandas 5 y 6, se observa una disminución de caudales en ambos brazos, pero con mayor descenso en la velocidad del canal TB.

Para la situación de bifurcación (tandas 8 a 11), la unidad pareciera trabajar de manera más estable, con relaciones de caudales bifurcados que oscilan entre 0.5 y 1. Este comportamiento también es reflejado en la variación de velocidades, pero sin un pico tan diferenciado como el presente en tanda 4.

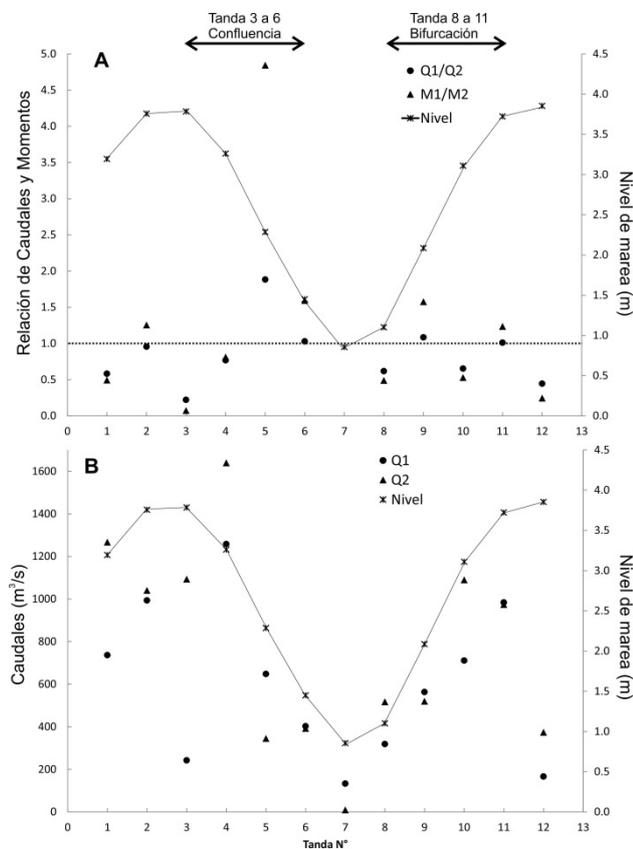


Figura 2.- A) Variación de relación de caudales y momentos; B) variación de caudales, a lo largo del ciclo de marea.

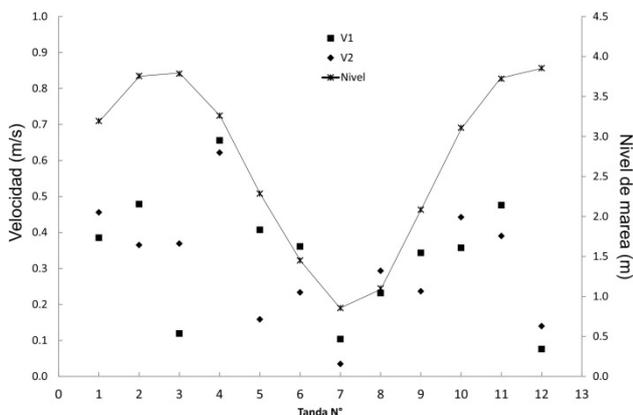


Figura 3.- Variación de velocidades medias.

El balance entre el volumen de fluido que ingresa y egresa en cada brazo durante el ciclo de marea arroja que en el canal TF, durante el refluo, egresa un 5% más de volumen de fluido que durante el período de entrada (inundación), porcentaje que se eleva al 19% en el brazo TB. Este comportamiento se relaciona

con el aporte, en la cuenca alta de estos brazos, de caudales proveniente de canales de marea secundarios que confluyen en ellos, los cuales constituyen un sistema de drenaje interconectado con otros canales mayores del estuario.

En la Figura 4 se presenta preliminarmente el comportamiento de las corrientes primarias y secundarias del flujo en sección 4 para el período de máximos caudales (tanda 4). Se aprecia una fuerte componente de velocidades descendentes y una capa de corte relativamente ancha con dirección aleatoria de las velocidades y sin generación de corrientes helicoidales, sugiriendo diferencias con el clásico patrón encontrado en confluencias de cauces fluviales. Este aspecto se analizará en la versión extendida de este trabajo.

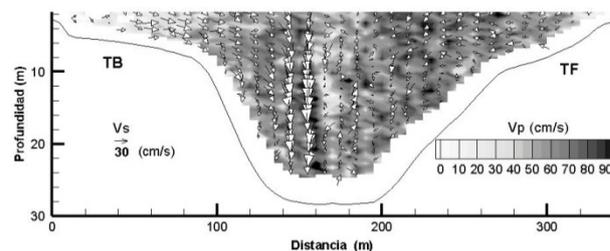


Figura 4.- Campo de velocidades primarias y secundarias. Sección 4 - Tanda 4. Vista hacia aguas arriba.

## Conclusiones

El presente trabajo brinda resultados preliminares de la hidrodinámica de un sistema confluencia/bifurcación de canales de marea correspondiente al estuario de Bahía Blanca (Argentina). El estudio se llevó a cabo a través de mediciones in campo con ADCP en secciones ubicadas estratégicamente a lo largo de la unidad y durante intervalos de tiempo seleccionados para obtener la mayor densidad de datos posible a lo largo del ciclo de marea.

Los resultados indican un complejo y variable comportamiento hidrodinámico de acuerdo a la forma de funcionamiento para los estados de refluo (confluencia) e inundación (bifurcación), con cambios continuos en las relaciones de caudales y momentos que modifican la estructura del flujo—en la unidad. Además, se destaca la interacción en estos canales con la red de drenaje, aportando caudales durante el período de bajante.

Los resultados obtenidos hasta el momento servirán como punto de inicio para comprender la dinámica tridimensional del flujo, las variables de control que gobiernan la división y confluencia de caudales líquidos, así como la dinámica del transporte de sedimentos y la evolución morfológica del sistema.

## Referencias bibliográficas

- Aliotta S. and G. Perillo (1987). "A sand wave field in the entrance to Bahía Blanca Estuary, Argentina". *Marine Geology*, 76, pp. 1-14.
- Aliotta, S. Lizasoain, G. and S. Ginsberg (2004). "Dinámica sedimentaria y evolución morfológica de un profundo canal del estuario de Bahía Blanca". *Rev. Asociación Geológica Argentina*, 59(1): 14:28.
- Ginsberg S. and G. Perillo (1999). "Deep-scour holes at tidal channel junctions, Bahía Blanca Estuary, Argentina". *Marine Geology*, 160, pp. 171-182.
- Marra, W., D. Parsons, M. Kleinhans, G. Keevil and R. Thomas (2014). "Near-bed and surface flow division patterns in experimental river bifurcations". *Water Resources Research*, 50.
- Perillo, G. and M. Piccolo (1991). "An interpolation method for estuarine and oceanographic data". *Computer and Geosciences Vol. 17*, pp. 813-820.
- Rice, S., Roy, A. and B. Rhoads (2008). *River Confluences, Tributaries and the Fluvial Network*, John Wiley & Sons, Ltd., 456 p.