

# CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE CIRCULACIÓN EN UN MEANDRO DE UN CANAL DE MAREA (ESTUARIO DE BAHÍA BLANCA - ARGENTINA)

Guillermo R. ANGELES<sup>1</sup>, Gerardo M. E PERILLO<sup>2-3</sup>, M. Cintia PICCOLO<sup>1-2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geografía, Universidad Nacional del Sur, 12 de Octubre y San Juan, 8000, Bahía Blanca, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto Argentino de Oceanografía, CC 804, 8000, Bahía Blanca, Argentina

<sup>3</sup>Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, 8000, Bahía Blanca, Argentina. e-mail: perillo@criba.edu.ar

## RESUMEN

El estuario de Bahía Blanca (Argentina) se caracteriza por la presencia de una red de canales de marea con un patrón espacial dominante tipo meandriforme, sobre todo en los sectores con escaso gradiente, específicamente en las planicies de marea. Un meandro de un canal de marea del estuario de Bahía Blanca, llamado La Lista (Figura 1), fue seleccionado para desarrollar este trabajo con el objetivo de describir las variaciones de los diferentes parámetros oceanográficos: salinidad, temperatura y corrientes de marea. Fue realizada una campaña en la cual fueron obtenidos datos en tres estaciones colocadas a lo largo del meandro, midiéndose durante un ciclo de marea (13 h). El comportamiento de la salinidad es similar en las tres estaciones. Pero, el gradiente salino a lo largo del ciclo de marea varía en el orden de 2 con máximos registros durante la bajamar, debido a los procesos de lavado y de evaporación desarrollados sobre las planicies de marea adyacentes. La temperatura muestra un gradiente vertical significativo en los diferentes perfiles, con los máximos valores registrados en superficie. Las máximas velocidades fueron registradas durante el reflujo (87 e 67 cm s<sup>-1</sup> para U y V, respectivamente); durante el período de flujo los máximos medidos fueron de 53 y 33 cm s<sup>-1</sup> para U y V, respectivamente. Se observaron diferencias en los perfiles de corrientes a lo largo del meandro. Comparando los gradientes de velocidad en las distintas estaciones, durante el ciclo de marea se observaron las mayores variaciones durante el flujo. **Palabras clave:** meandro, canal de marea, estuario, circulación y dinámica

## ABSTRACT

Meanders are a typical pattern in tidal channels, specially in tidal flats and marshes having low gradients. There is a tendency that meandering, both in rivers and tidal channels increase with a decrease in relief. The circulation in river meanders is well known and documented, but in tidal channels there are no previous studies. A specific tidal channels in the Bahía Blanca Estuary, La Lista Channel, was specifically selected in order to describe the variations of the different oceanographic parameters such as salinity, temperature and tidal currents. Three stations situated along the meander were occupied during a complete tidal cycle (13 h). Salinity behavior is similar in the three stations considered. However, a saline gradient along the tidal cycle shows a variation of 2 with its higher values registered during the low tide period, due to the washing and evaporation processes occurring on the tidal flats. Water temperature shows a significative vertical gradient, with the high values measured on the surface. The highest velocities were measured during the ebb period (87 y 67 cm s<sup>-1</sup> for U and V, respectively); during the flood period, the higher values registered were 53 and 33 cm s<sup>-1</sup> for U and V, respectively. Differences among the tidal current profiles along the meander were observed. Comparing the current velocity gradients in the different stations, both flood tide and ebb tide, was observed the higher variations during the flood tide period.

**Keywords:** meander, tidal channel, estuary, circulation and dynamic

## INTRODUCCION

El estuario de Bahía Blanca, localizado en el SO de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), presenta una configuración espacial caracterizada por la presencia de un Canal Principal y de una compleja red de canales de marea separados por islas, amplias marismas bajas y planicies de marea (Figura 1). Básicamente, es un estuario tipo mesomareal (amplitud de marea con variaciones entre 2 y 4 m) que se comporta como un estuario de mezcla parcial en el sector interior, pero con una fuerte tendencia a ser

seccionalmente homogéneo bajo condiciones de escasa descarga fluvial. En el sector exterior se comporta, como seccionalmente homogéneo y con salinidades semejantes a las de la plataforma continental (Piccolo y Perillo, 1990).

El sector interior del estuario se caracteriza por la presencia de numerosos canales de marea que presentan un marcado patrón meandriforme. En ambientes controlados por la marea, como planicies de marea y marismas, la presencia de canales meandriformes y sedimentos limo-arcillosos son

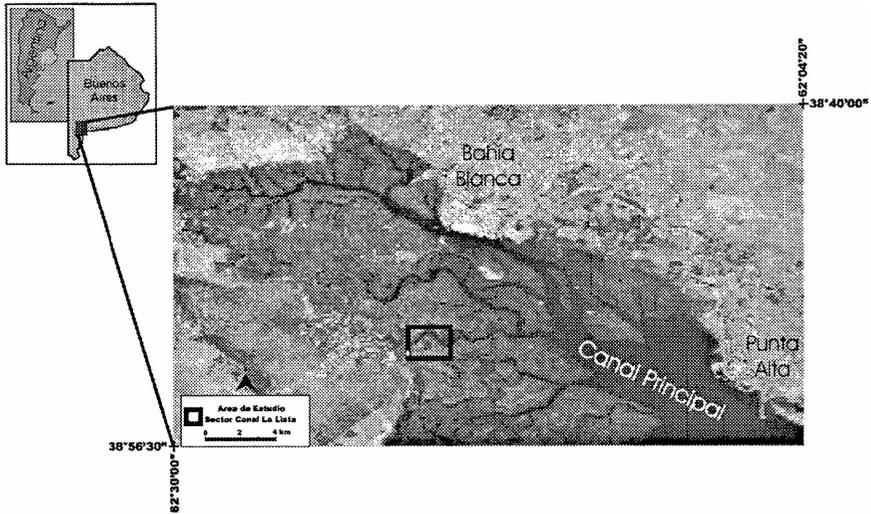


Figura 1. Área de estudio

dominantes. Es prácticamente imposible hallar un canal de marea que no describa el típico patrón meandriforme. A pesar de esta particularidad, aún no se han adelantado explicaciones teóricas que definan con precisión las razones de este tipo de drenaje preferencial (Amos, 1995). Esto obedece a que solo recientemente se han conseguido establecer los criterios de circulación de las corrientes de marea en planicies de mareas (Perillo *et al.*, 1993). Los patrones de circulación en meandros fluviales está muy bien documentado, pero son muy escasos los estudios donde se analiza la circulación en canales de marea.

En el presente trabajo se presenta el estudio desarrollado en un meandro de un canal de marea del estuario de Bahía Blanca denominado La Lista (Figura 1). Se realizaron mediciones oceanográficas con los siguientes objetivos: a) definir el comportamiento de los parámetros hidrográficos en canales de marea

meandriformes y sus relaciones con las planicies de marea y marismas; b) describir la circulación de las corrientes tanto longitudinales como transversales en meandros de canales de marea; y c) analizar como influyen los canales de marea en la circulación general del estuario. El meandro fue seleccionado luego de un análisis de todos los existentes en el estuario de forma tal de que sus condiciones geomorfológicas y dinámicas sean típicas del ambiente regional. En particular se priorizó el hecho que este canal no recibe aporte de agua dulce alguno, forma parte de uno de los mayores canales secundarios del sistema pero su ubicación es alejada de la boca del mismo.

### METODOLOGÍA

Luego de un relevamiento batimétrico del total del meandro y de la planicie de marea adyacente, se decidió efectuar el estudio en tres estaciones

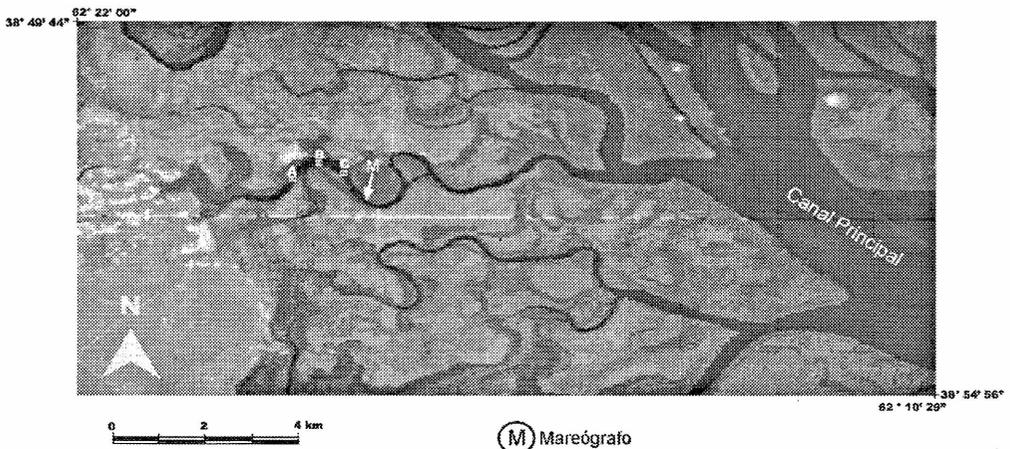


Figura 2. Localización de las estaciones de medición en el canal La Lista.

## Características Físicas y de Circulación en un Meandro de un Canal de Marea (Estuario de Bahía Blanca - Argentina)

Tabla 1. Localización geográfica de las estaciones de medición en el canal La Lista

Estación	Latitud	Longitud
A	38° 51' 48" Sur	62° 18' 56" Oeste
B	38° 51' 41" Sur	62° 18' 47" Oeste
C	38° 51' 47" Sur	62° 18' 33" Oeste

localizadas a lo largo del meandro, denominadas A, B y C (Figura 2). Las mediciones fueron efectuadas considerando un ciclo completo de marea (13 horas) obteniéndose, para cada estación, perfiles representativos de la magnitud y dirección de las corrientes de marea, conductividad y temperatura. El aparato empleado fue un correntómetro acústico FSY2D con un intervalo de adquisición de datos de 2 segundos. Las mediciones fueron realizadas durante el izado (ascenso y descenso) lento del instrumento. Se obtuvieron 11 perfiles en la estación A, 22 en la estación B, y 11 perfiles en la estación C.

Las velocidades fueron descompuestas en una componente paralela al eje del canal (U), positiva en la dirección del reflujo y en otra componente transversal a la anterior (V), positiva hacia la margen derecha (observando hacia la desembocadura del canal). Las profundidades fueron normalizadas según la profundidad determinada por una ecosonda durante la realización del perfil de modo que 0 y 1 corresponden a superficie y fondo, respectivamente.

Los registros de salinidad y temperatura fueron medidos con un MiniCTD Interocean conectado a través de una interface diseñada en el IADO (Galfón *et al.*, 1994) a una computadora portátil. La medición completa del perfil, incluyendo el ascenso y descenso lento del equipo, se efectuó en un intervalo de tiempo de aproximadamente 2 minutos.

Previo al estudio batimétrico se instaló un mareógrafo InterOcean WTG 952 a 300 m de la zona de estudio. Este equipo registró las variaciones del nivel del mar durante un total de 3 ciclos de marea con una frecuencia de muestreo de 1 minuto. Los datos se grabaron en un datalogger especialmente diseñado y construido en el IADO.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Salinidad y temperatura

En el meandro la salinidad varía entre 35 y 38. Los valores medios de la salinidad medidos en las 3 estaciones durante el ciclo de marea muestran que los máximos valores fueron obtenidos durante la estoa de bajamar (Figura 3). Considerando la posición geográfica del meandro, ubicado en el interior del canal, los valores están relacionados con los procesos de evaporación generados sobre las planicies de marea adyacentes. En general, las mediciones obtenidas son

semejantes a otras registradas en diversos relevamientos desarrollados en diferentes sectores del estuario, por ejemplo salinidades entre 36 y 38 fueron medidas por Pérez y Perillo (1998) y Cuadrado *et al.* (2002).

La distribución verticalmente homogénea de la salinidad es evidente en las tres estaciones en los momentos de máxima velocidad de las corrientes (flujo y reflujo) (Figura 4). Sin embargo, a medida que las velocidades de las corrientes disminuyen se origina un gradiente vertical de 2, a una profundidad media de 5 m. Fluctuando en función de los procesos superficiales de interacción entre el fluido y la atmósfera (viento) generándose, a través de este proceso, la mezcla de la masa de agua. Finalmente, se observa una relación asimétrica entre la marea y la salinidad donde, como consecuencia de los procesos de lavado sobre la planicie, se registran las mayores salinidades durante la bajamar. Inversamente, a medida que la marea sube la salinidad disminuye hasta alcanzar los mínimos valores durante la estoa de pleamar. Las menores salinidades resultan de las aguas que ingresan al estuario procedentes de la plataforma interior.

Dependiendo de la hora de medición, las temperaturas variaron entre 8,5 y 12,3 °C (Figura 5), mostrando un importante gradiente temporal de 4°C durante el ciclo de marea como consecuencia del incremento de la temperatura del aire (esta varió de 13 a 20,5 °C durante las mediciones). Los máximos valores fueron registrados en proximidades de la superficie. También, se observa un incremento general de la temperatura en todo el perfil durante el reflujo (14 a 18:15 h.), con los máximos valores registrados durante la estoa de bajamar (Figura 6). En la Tabla 2 se presentan los valores máximos y mínimos registrados en las tres estaciones consideradas.

### Corrientes de marea

Los perfiles de velocidad (U y V) medidos en cada estación (Figuras 7, 8 y 9) durante un ciclo completo de marea presentan una distribución casi logarítmica de las velocidades. La onda de marea es estacionaria y las máximas corrientes fueron medidas durante el reflujo (en un período de 2 h posteriores a la estoa de pleamar); la amplitud de la marea en el interior del meandro fue de 1,5 m.

Las máximas velocidades longitudinales (U) y transversales (V) en la estación A (Figura 7) fueron obtenidas durante el reflujo. La componente U, alcanzó una velocidad de 63 cm s<sup>-1</sup> y de 60,2 cm s<sup>-1</sup> (a una profundidad normalizada entre 0 y 0,2 de la superficie y entre 0,8 y 1 del fondo, respectivamente). La componente V presenta un comportamiento similar a la anterior, con una velocidad máxima de 37 cm s<sup>-1</sup> registrada a una profundidad normalizada entre 0 y 0,2 de la superficie, disminuyendo a 34 cm s<sup>-1</sup> a una

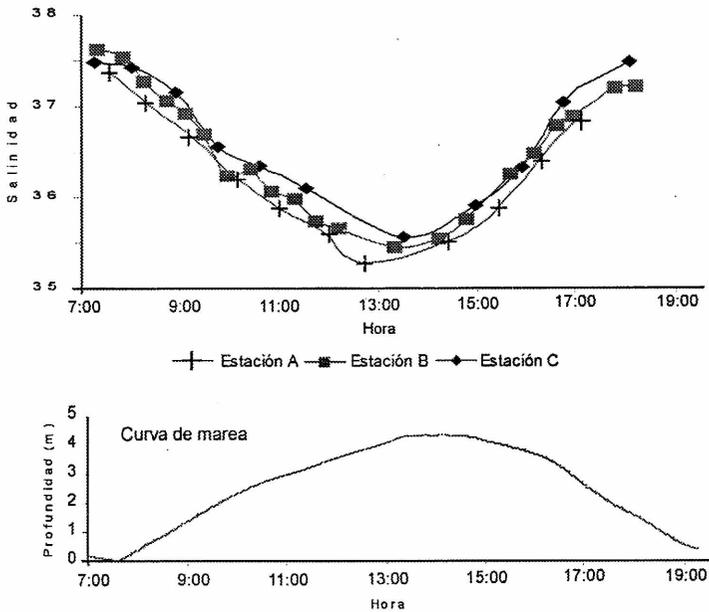


Figura 3. Salinidad media en la columna de agua, medida a lo largo del ciclo de marea (13 h), en las tres estaciones colocadas en el meandro.

profundidad normalizada entre 0,8 y 1 en proximidades del fondo. Durante el flujo las velocidades longitudinales disminuyen, registrándose  $38,2 \text{ cm s}^{-1}$  y  $27,3 \text{ cm s}^{-1}$  (a una profundidad entre 0 y 0,2 de la superficie y entre 0,8 y 1 del fondo, respectivamente). Mientras que las corrientes transversales disminuyen sus velocidades de  $30 \text{ cm s}^{-1}$  (en superficie) a  $23,5 \text{ cm s}^{-1}$  (en el fondo).

La estación B, localizada en la curva del meandro presenta marcadas diferencias de magnitud entre las velocidades de la componente longitudinal (U) y las correspondientes a la componente transversal (V). Estas diferencias se pueden observar en la Figura 8 que presenta los perfiles y la distribución de las velocidades (U y V) correspondientes a esta estación. La velocidad de la corriente longitudinal registró un máximo de  $86 \text{ cm s}^{-1}$  en la proximidad de la superficie y superior a los  $60 \text{ cm s}^{-1}$  en cercanías del fondo. Estos registros máximos fueron medidos durante el reflujo. Tal comportamiento de la velocidad puede estar asociado con la dinámica de la corriente helicoidal típica de canales meandriiformes sumado a los aportes adicionales provenientes de las planicies de marea.

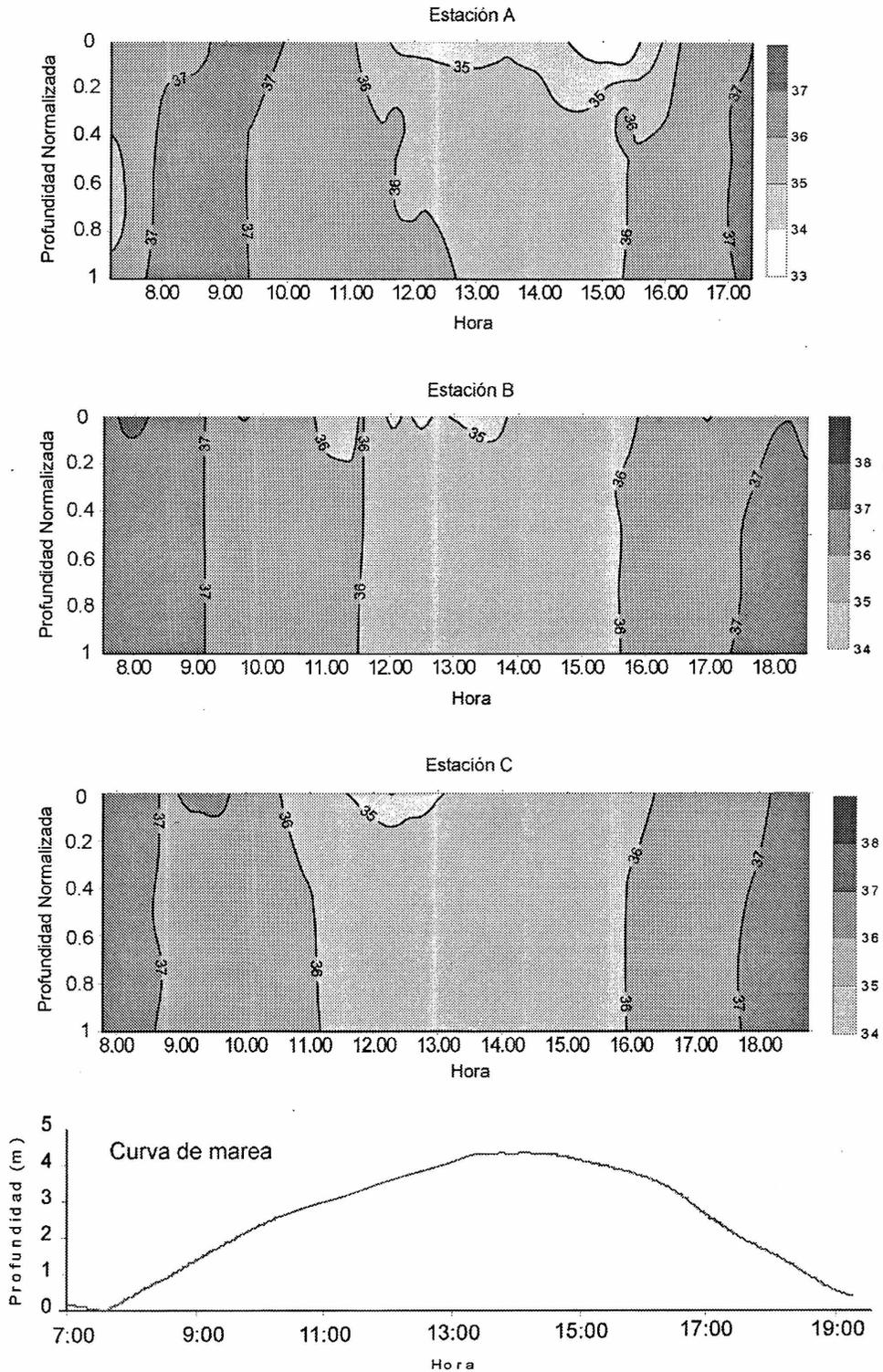
Los perfiles y la distribución de las velocidades a lo largo del ciclo de marea en la estación C es presentado en la Figura 9. Las máximas velocidades, medidas para la componente longitudinal (U), superaron los  $70 \text{ cm s}^{-1}$  durante el reflujo. Para la componente transversal (V) las velocidades medidas oscilaron entre  $40,3$  y  $34,4 \text{ cm s}^{-1}$  ambos registros también obtenidos durante el reflujo. En este período,

se observaron procesos de aceleración de las corrientes superficiales como consecuencia de los aportes provenientes de canales de marea incipientes. Durante el período de flujo, las velocidades máximas se reducen con registros que varían entre 18 y  $40 \text{ cm s}^{-1}$  en sentido longitudinal, y entre 9 y  $26 \text{ cm s}^{-1}$  en sentido transversal. A lo largo del ciclo de marea los perfiles muestran, en las proximidades del fondo, los efectos de la desaceleración resultante de la fricción producida en el fondo del canal.

Analizando los gradientes de velocidad en los perfiles obtenidos en las tres estaciones se observa que, en general, las velocidades de las corrientes (U y V) superficiales son mayores que las corrientes de fondo. En los gráficos se observa una distribución verticalmente uniforme de las velocidades longitudinal y transversal resultante de la acción de procesos de dispersión turbulenta característico en este tipo de canales. En los perfiles se observan aceleraciones de las velocidades durante el reflujo debido, en parte, a los aportes de canales adyacentes que se conectan con el meandro. Comparando el comportamiento de las velocidades durante el ciclo de marea se observan gradientes mayores durante el reflujo de marea. Por otro lado, las velocidades mínimas registradas en cercanías del fondo son mayores o similares a los registros de las velocidades superficiales.

Considerando los valores medios de las velocidades correspondientes a las tres estaciones (Figura 10) se puede inferir que, en la estación B, la componente media longitudinal ejerce un mayor dominio en relación con la componente media

*Características Físicas y de Circulación en un Meandro de un Canal de Marea (Estuario de Bahía Blanca - Argentina)*



**Figura 4.** Distribución de la salinidad medida durante un ciclo de marea en las tres estaciones seleccionadas.

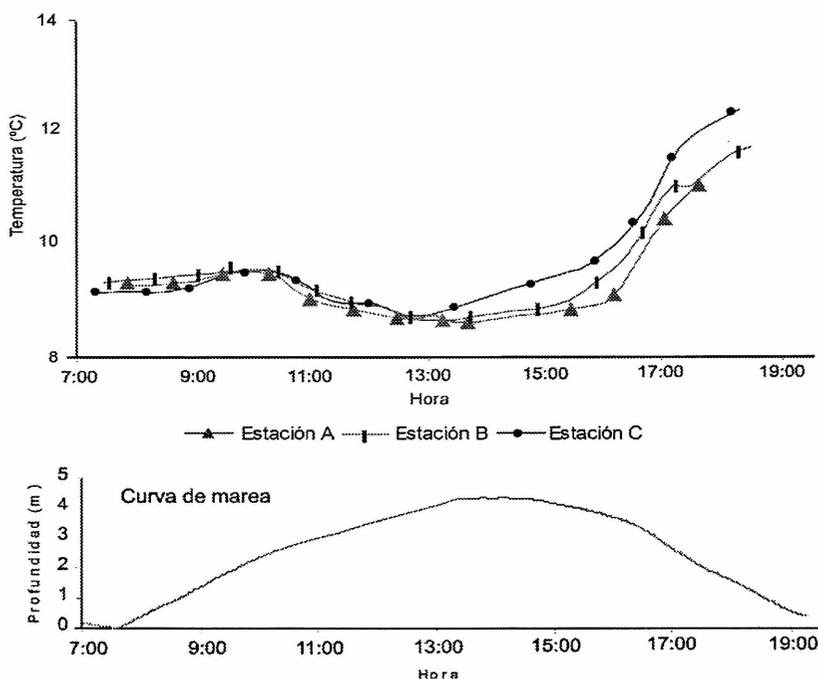


Figura 5. Temperatura media en la columna de agua, medida a lo largo del ciclo de marea (13 h) en las estaciones consideradas.

transversal, que alcanza valores sustancialmente inferiores a los de la componente media longitudinal de velocidad. En las estaciones A y C se aprecia una situación inversa donde las velocidades medias de la componente transversal son mayores que las velocidades medias de la componente longitudinal. Además, en ambas estaciones se observan comportamientos similares en la distribución vertical de la componente media transversal con un dominio de las corrientes de flujo en profundidad y de reflujo en superficie. En el caso de la componente media longitudinal se observa un comportamiento inverso principalmente a una profundidad localizada entre 0,2 y 1, relacionado con las condiciones de flujo y la morfología del meandro.

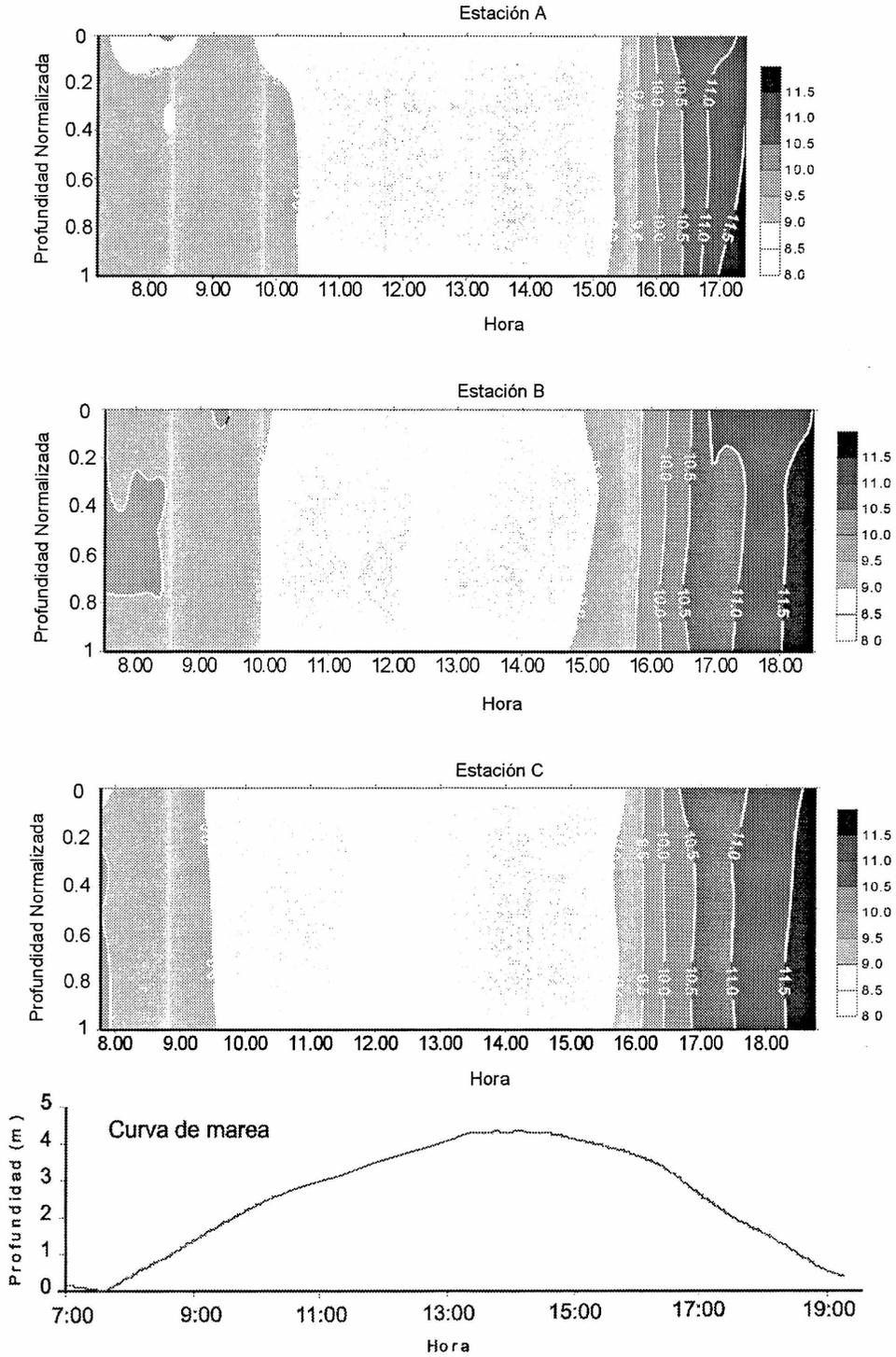
Analizando los perfiles de velocidad obtenidos durante un ciclo de marea tanto para la componente U, como para la componente V se observa que las diferencias en el comportamiento de los flujos de velocidad de las corrientes está fuertemente condicionado por la situación de las estaciones de medición en el interior del meandro y por la posición geográfica de estas en relación con las planicies de marea. Las estaciones A y C (Figura 2) están situadas sobre los puntos de inflexión del meandro, ambas presentan diferencias relacionadas con la circulación de las corrientes de flujo y reflujo debido a la posición relativa de las mismas. La estación A localizada en el punto de inflexión situado al Oeste del eje del meandro, es decir correspondiente al sector mas interno del meandro,

está más relacionada con los procesos desarrollados sobre las planicies de marea y con los aportes provenientes de canales de marea incipientes que concurren al meandro. La estación C situada en la curva de inflexión opuesta (al Este del eje del meandro) está condicionada por la presencia de corrientes secundarias y por el desarrollo de meandros sucesivos que inciden en la circulación de las corrientes en esta estación.

### CONCLUSIONES

El análisis del comportamiento de las corrientes de marea demuestran que las máximas velocidades (U y V) fueron medidas durante el reflujo (86 y 40 cm s<sup>-1</sup>, respectivamente). La posición de las estaciones de medición en el interior del meandro permitieron observar diferencias asociadas con la circulación de las corrientes de marea. En la estación B, situada sobre el eje del meandro, se registró la máxima velocidad longitudinal (86 cm s<sup>-1</sup>) relacionada con un proceso de aceleración de la corriente asociado con la dinámica de la corriente helicoidal característica en meandros y con la ocurrencia de fenómenos de descarga superficial provenientes de los canales de marea incipientes situados en las áreas próximas a la estación de medición. En las estaciones (A y C), situadas en los puntos de inflexión a ambos lados del eje del meandro, las máximas velocidades longitudinales medidas fueron de menor magnitud que la medida en la estación B (79 y 63 cm s<sup>-1</sup> para A y C, respectivamente). En

*Características Físicas y de Circulación en un Meandro de un Canal de Marea  
(Estuario de Bahía Blanca - Argentina)*



**Figura 6.** Distribución de la temperatura medida a lo largo del ciclo de marea, en las tres estaciones seleccionadas.

Tabla 2. Valores de salinidad y temperatura medidos en el canal La Lista

Parámetros	Estación A	Estación B	Estación C	Situación de la marea
Sal. Máx.	37,6	38,5	38	Creciente
Sal. Mín.	35,4	34,8	34,4	Pleamar
Sal. Media	36,2	36,5	36,4	---
Temp. Máx. (°C)	12,7	11,6	11,7	Bajante
Temp. Mín (°C)	8,2	8,2	8,4	Creciente
Temp. Media (°C)	10,3	9,6	10,2	--

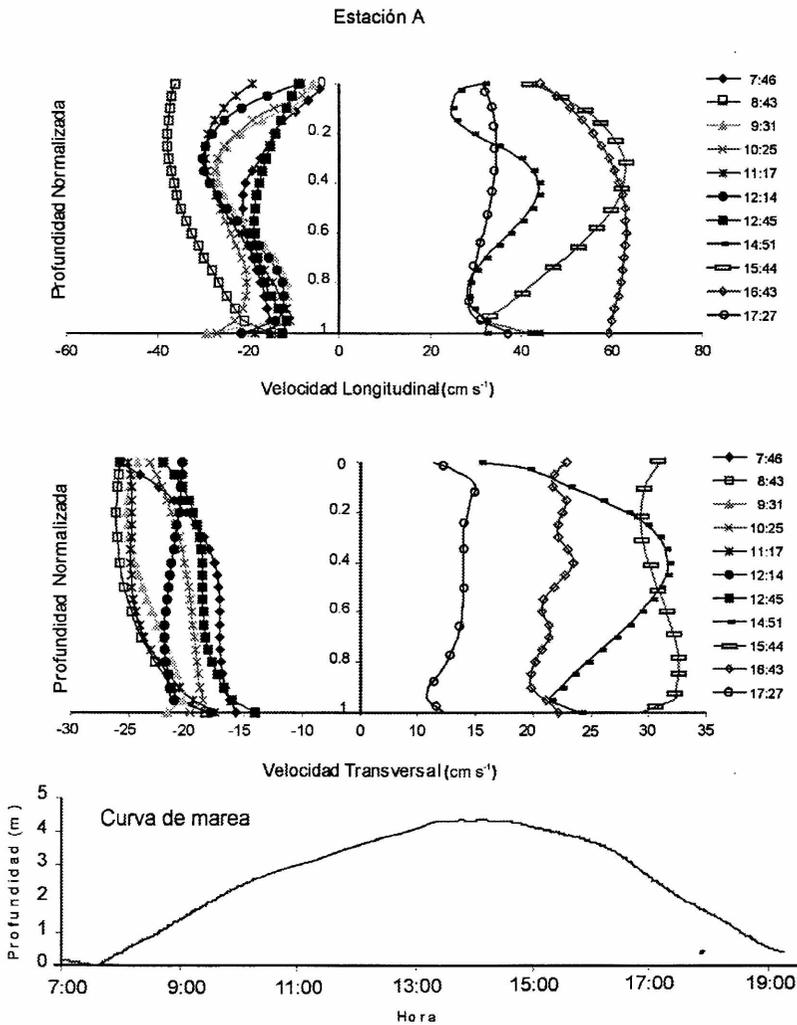
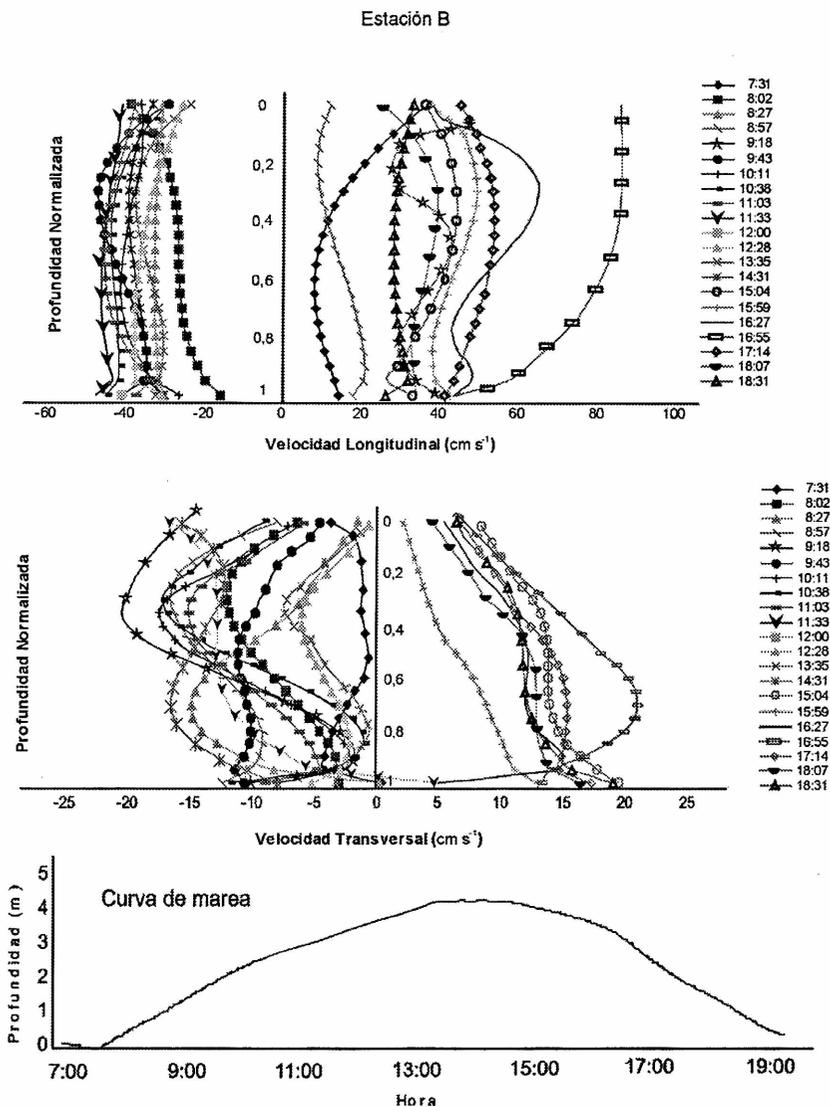


Figura 7. Perfiles de las velocidades medidas en la Estación A, a lo largo del ciclo de marea. Los valores positivos de la velocidad están orientados en la dirección del reflujo.

*Características Físicas y de Circulación en un Meandro de un Canal de Marea (Estuario de Bahía Blanca - Argentina)*



**Figura 8.** Perfiles de las velocidades medidas en la Estación B, a lo largo del ciclo de marea. Los valores positivos de la velocidad estan orientados en la dirección del refluo.

consecuencia, en estas estaciones se midieron las máximas velocidades de la componente transversal ( $40$  y  $37 \text{ cm s}^{-1}$  para A y C, respectivamente). Los perfiles de velocidad (U y V) medidos en las tres estaciones del meandro muestran los efectos de la fricción superficial y de fondo, generándose así procesos de desaceleración de las corrientes.

Relacionando los perfiles y la distribución de las velocidades a lo largo del ciclo de marea con la morfología del meandro y con la localización de las estaciones de medición se observó que la dinámica de las corrientes está condicionada por las características del flujo bidireccional existente en el canal de marea. En

la curva del meandro, estación B, se evidenció la importancia que tiene la componente longitudinal de velocidad (máxima en el refluo) en relación con la débil componente transversal que transporta aguas superficiales para la margen cóncava mientras las aguas del fondo se dirigen hacia la margen convexa. La velocidad de la corriente transversal se localiza en el orden de un  $10$  a  $20\%$  en relación con la magnitud de la corriente longitudinal. En los puntos de inflexión (estaciones A y C) la forma de las secciones es asimétrica presentando las mayores profundidades sobre las margenes convexas. La componente transversal de velocidad es mayor en los puntos de inflexión que sobre la curva del meandro.

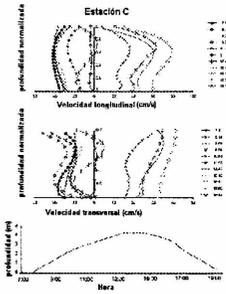


Figura 9. Perfiles de las velocidades medidas en la Estación C, a lo largo del ciclo de marea. Los valores positivos de la velocidad están orientados en la dirección del reflujó.

Inversamente, la componente longitudinal es menor. Estas diferencias sugieren la existencia de procesos de aceleración y de desaceleración de las corrientes de marea.

La presencia de canales de marea incipientes comunicados al meandro influyen sobre la distribución de las velocidades. Además, esta distribución está relacionada con los procesos de erosión y de deposición que se desarrollan en los diferentes tramos del meandro. Fue posible observar que las mayores velocidades están distribuidas sobre la margen cóncava, acentuando la erosión sobre esta margen. El material erodado es transportado por la componente

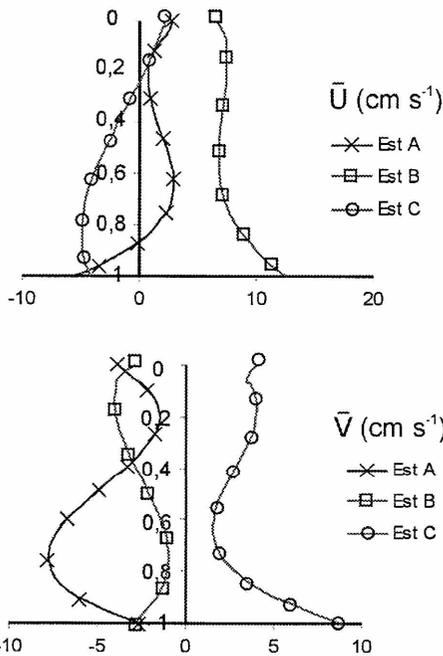


Figura 10. Perfiles presentando los valores medios de U y V para cada nivel de profundidad normalizada en las 3 estaciones consideradas

transversal del flujo y depositado sobre la margen opuesta.

Los valores de salinidad registrados se relacionan fundamentalmente con tres procesos que se generan en el estuario: i) la escasa descarga de agua dulce en el sistema estuarino; ii) la fuerte evaporación sobre las planicies de marea que actúan como concentradoras de sal; iii) el lavado superficial en el Salitral de la Vidriera localizado en la cabecera del estuario. Los valores de salinidad media calculados considerando un ciclo completo de marea varió entre 34,4 y 38,5. Las corrientes de marea influyen en el comportamiento de la salinidad la que presenta una distribución verticalmente homogénea en el momento de máxima velocidad de la onda de marea (flujo y reflujó). Sin embargo, a medida que la velocidad de las corrientes de marea disminuyen se origina un gradiente vertical temporal de 2 en 5 m de profundidad. Finalmente, se observó una relación asimétrica entre la marea y la distribución de la salinidad. Este fenómeno se asocia con los procesos de lavado de las planicies de marea, responsables de que durante el reflujó se originen las máximas salinidades (38,5). Inversamente, a medida que la marea sube la salinidad disminuye hasta alcanzar los mínimos valores durante la estoa de pleamar (34,4).

Por último, la distribución de la temperatura a lo largo del ciclo de marea mostró un aumento de la misma como consecuencia del proceso de calentamiento radiativo y turbulento entre la masa de aire y el agua superficial. Además, se observó que la distribución de la temperatura en la columna de agua es verticalmente homogénea.

**Agradecimientos:** Los autores agradecen los subsidios del CONICET y de la Universidad Nacional del Sur y de la Agencia Nacional de Promoción Científica. También, al Dr. Daniel Pérez por la ayuda en la calibración del correntómetro acústico FSY2D utilizado para la obtención de los datos de las corrientes de marea. Este trabajo forma parte de la Tesis de Doctorado del primer autor, quien agradece a la CIC por la beca recibida.

REFERENCIAS

Amos, C.L. 1995. Siliciclastic tidal flats. En: Perillo, G.M.E. (Ed.): *Geomorphology and sedimentology of estuaries*, Elsevier Science BV, Amsterdam, 273-306.

Cuadrado, D., Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E. 2002. Hydrography of the inner shelf offshore Bahía Blanca Estuary. *Rev. Thalassas* ; 18: 45-46

Galfón, D., Fernández, E. y Perillo, G.M.E. 1994. Sistema de interfase entre un Mini CTD y una PC. *Contribución Técnica* n° 32, IADO, 8 p.

Pérez, D. y Perillo, G.M.E. 1998. Residual fluxes of mass, salt and suspended sediment through a section of the Bahía Blanca Estuary. *Revista Geoacta*, 23: 51-65.

Perillo, G.M.E. y Piccolo, M.C. 1991. Tidal response

*Características Físicas y de Circulación en un Meandro de un Canal de Marea  
(Estuario de Bahía Blanca - Argentina)*

- in the Bahía Blanca Estuary. *Journal of Coastal Research* 7(2):437-449.
- Perillo, G.M.E. y Piccolo, M.C. 1999. Geomorphological and Physical Characteristics of the Bahía Blanca Estuary, Argentina. En: Perillo, G.M.E., Piccolo, M.C. y Pino Quivira, M. (Eds.). *Estuaries of South America. Their Geomorphology and Dynamics*. Ed. Springer, 195-216.
- Perillo, G.M.E., Drapeau, G., Piccolo, M.C. y Chnouq, N. 1993. Tidal circulation pattern on a tidal flat, Minas Basin, Canadá. *Marine Geology* 112: 219-236.
- Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E. 1990. Physical Characteristics of the Bahía Blanca Estuary (Argentina). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 31: 303 - 317.
- Piccolo, M.C., Perillo, G.M.E. y Romero, S.I. 1991. Predicción de la marea real por efecto del viento en el puerto de Ing. White. *Anales CONGREMET VI, "La meteorología en la actividad productiva en la Argentina"*, Buenos Aires, 159 - 160.