

HIDROGRAFIA DEL ESTUARIO DEL RIO SAUCE CHICO (BAHIA BLANCA)

M. Cintia Piccolo, Gerardo M. E. Perillo y José M. Arango
CONICET - Instituto Argentino de Oceanografía
Av. Alem 53, 8000 Bahía Blanca, Argentina

RESUMEN

Se describe la hidrografía del estuario del río Sauce Chico en base a mediciones de salinidad, temperatura, velocidad y dirección de corrientes en un total de 9 estaciones ubicadas a lo largo de su cauce. En el período 1986-1989 se efectuaron campañas longitudinales y horarias para establecer las variaciones espaciales y temporales de cada uno de los parámetros. Se establece que la intrusión salina dentro del río alcanza hasta 4 km desde su desembocadura en el estuario de Bahía Blanca. Los promedios de salinidad y temperatura a lo largo del ciclo de marea indican que el subestuario es verticalmente homogéneo. Se obtuvieron valores máximos de salinidad de 39 ‰, producto del lavado del Salitral de la Vidriera, aldeaño a este estuario.

ABSTRACT

The hydrography of the estuary of the Sauce Chico river is described employing salinity, temperature, and current velocity and direction data from 9 stations located along the channel. During the period 1986-1989, several longitudinal and hourly surveys were made to establish the spatial and temporal variations of these parameters. Salt intrusion into the river reaches up to 4 km from its mouth. Time averaged salinity and temperature profiles show that the estuary is vertically homogeneous. Maximum salinity reached 39 ‰. The high salinity is produced by the overwashing of the adjacent Salitral de la Vidriera.

INTRODUCCION

En los últimos cinco años se han efectuado diversos estudios sobre la geomorfología y oceanografía física del estuario de Bahía Blanca (Piccolo et al., 1987, Perillo et al., 1987a,b; Perillo y Sequeira, 1988; Piccolo y Perillo, 1988a,b; Perillo y Piccolo, 1989). Sin embargo, no se han realizado trabajos previos sobre la principal fuente de agua dulce de dicho estuario, el río Sauce Chico. El mismo conforma un estuario secundario o subestuario de singular importancia para la dinámica de aquel. Por consiguiente, el objetivo del presente trabajo es describir la hidrografía general del subestuario, como así también establecer la descarga de agua dulce del río.

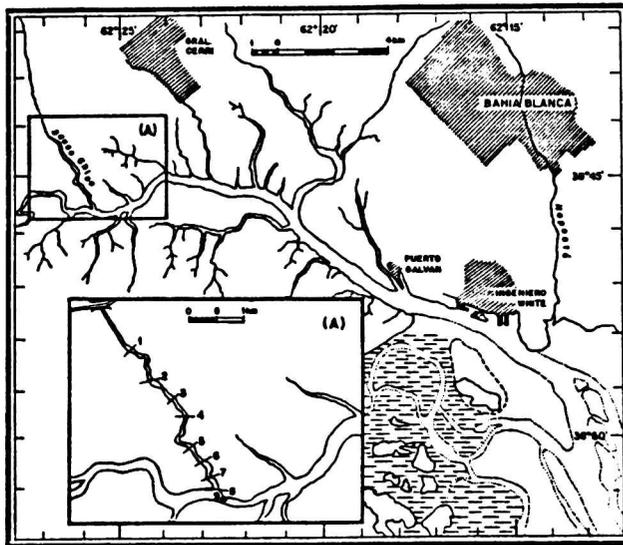


Figura 1. Mapa de la zona interior del estuario de Bahía Blanca. En el recuadro se muestra un detalle de la desembocadura del río Sauce Chico y la ubicación de las estaciones de medición.

El Sauce Chico desemboca cerca de la cabecera del Canal Principal del estuario de Bahía Blanca (Figura 1) y tiene una cuenca de aporte de unos 1.500 km². Durante periodos de baja descarga la pluma del río se extiende por espacio de unos 5 km a partir de su desembocadura en el estuario bahiense (Perillo et al., 1987a). No obstante, su influencia en la distribución salina alcanza hasta Ingeniero White aproximadamente. En su desembocadura se encontraron fuertes gradientes de salinidad y consecuentemente de densidad (Perillo et al., 1987b, Arango, 1988). Ello reveló que, contrariamente a lo sugerido por otros autores (p.e., Orozco Storni et al., 1984), el estuario de Bahía Blanca se comporta en su mitad interior como de mezcla parcial. Sin embargo, cuando la descarga de agua dulce es escasa la región interna se observa como

verticalmente homogénea. Entonces, el caudal aportado por el río en las distintas épocas del año tiene una incidencia directa en las características físicas del mismo. Por otro lado, se ha verificado que la penetración de la marea en el río es importante.

METODOLOGIA de TRABAJO

A los efectos del estudio hidrográfico se llevaron a cabo dos tipos de campañas: longitudinales y horarias. Las campañas longitudinales se efectuaron con el fin de conocer la distribución salina a lo largo del cauce del río y determinar la distancia de penetración del agua de mar. La Figura 1A muestra un detalle del cauce inferior del río donde se realizaron las observaciones. Las estaciones 1 a 8 fueron relevadas en distintos estados de marea. En este tipo de campañas sólo se realizaron perfiles verticales de salinidad y temperatura a intervalos de un metro desde la superficie al fondo. Para ello se utilizó un miniCTD Interocean y un termosalinómetro NIO intercalibrados entre sí con un salinómetro de inducción Beckman utilizando agua patrón.

Las campañas horarias se efectuaron con el fin de analizar el comportamiento de los diferentes parámetros físicos durante uno o más periodos de marea. Durante el periodo 1986-1989 se llevaron a cabo 4 campañas horarias en las cuales se midió, simultáneamente en las estaciones 8 y 9 (Figura 1A) se realizaron perfiles verticales de temperatura, salinidad, velocidad y dirección de corrientes a intervalos de un metro desde la superficie al fondo. Las observaciones en cada estación se efectuaron en forma horaria a lo largo de uno o dos periodos de marea. Las mediciones de corrientes se realizaron con un correntómetro ENDECO 110.

El vector velocidad se separó en una componente en la dirección del eje del canal (u), positiva dirigida hacia la boca del mismo, y en otra transversal (v), positiva hacia la margen derecha (cuando se mira hacia la desembocadura del estuario). Las profundidades fueron normalizadas a profundidades estandar de manera tal que 0 y 1 corresponden al fondo y superficie, respectivamente. Los valores de corrientes fueron interpolados a profundidades y horas estandar (Perillo et al., 1987a). De igual manera se procedió con la temperatura y salinidad.

Las observaciones de la altura de las aguas en la desembocadura del río se realizaron visualmente con una regla de marea instalada especialmente para ello. La información de la regla de marea fue correlacionada con el mareógrafo de Ingeniero White.

A los efectos de conocer el caudal de agua dulce que aporta el río Sauce Chico al estuario de Bahía Blanca se procedió a la instalación de un limnógrafo en una de sus márgenes a una distancia de aproximadamente 10 km de su desembocadura. Para su calibración se efectuaron relevamientos topográficos del cauce y mediciones de corrientes a través de la sección para distintos niveles del río. Conociendo en forma continua el nivel del agua y la ecuación de caudal que rige para dicho cauce se obtuvieron los caudales diarios que arrojó el río durante el periodo de observación.

RESULTADOS y DISCUSION

Caudal del río Sauce Chico

La Tabla 1 muestra la estadística de frecuencias del caudal del río (Q) para el período marzo 1987-abril 1988 (740 días). El caudal medio es $3,77 \text{ m}^3/\text{s}$ con una desviación estándar de $2,42 \text{ m}^3/\text{s}$. La mediana presenta un valor cercano a la media. El valor mínimo registrado durante el período fue $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$ siendo su valor máximo $20 \text{ m}^3/\text{s}$. Durante el período de estudio el 90 % de los caudales fueron menores que $6 \text{ m}^3/\text{s}$, es decir se caracterizó por condiciones de escasa descarga.

Tabla 1: Frecuencia del caudal del río Sauce Chico.

Intervalo (m^3/s)	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa
0,0 - 1,9	1,0	152	20,54
2,0 - 3,9	3,0	206	27,84
4,0 - 5,9	5,0	220	29,73
6,0 - 7,9	7,0	31	4,19
8,0 - 9,9	9,0	26	3,51
10,0 - 11,9	11,0	4	0,54
12,0 - 13,9	13,0	1	0,14
14,0 - 15,9	15,0	1	0,14
16,0 - 17,9	17,0	0	0,00
18,0 - 20,0	19,0	1	0,14
Días sin datos		98	13,24

Un aumento de la precipitación (P) en la cuenca del río incrementa el caudal del mismo, por lo tanto es importante conocer la relación entre estos dos parámetros. Para ello se emplearon los datos de lluvia de la estación meteorológica localizada en la Base Aeronaval Comandante Espora, perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional, pues no se disponía de pluviógrafos en la cuenca del río. Esta información brindó en forma aproximada la precipitación que caracterizó a la cuenca durante el período de estudio. El total de lluvia caída durante el período considerado fue 623,1 mm, con un valor máximo diario de 51,5 mm. El 92,7 % de la lluvia caída osciló entre 1,0 y 5,0 mm.

Un análisis de correlación cruzada entre Q y P permitió inferir que el caudal del río responde con un retardo de un día y, en menor medida, con un retardo de cuatro días a la precipitación en Espora. La siguiente ecuación de predicción del caudal en base a la precipitación fue hallada por regresión lineal con los datos desfasados en un día.

$$Q (\text{m}^3/\text{s}) = 0,22 P (\text{mm}) + 3,55 \quad (1)$$

Es necesario hacer notar que (1) sólo puede estimar parcialmente la descarga en la cuenca inferior de río y no puede establecer lo que sucede en las fuentes del mismo, localizadas a unos 150 km al Norte de su desembocadura.

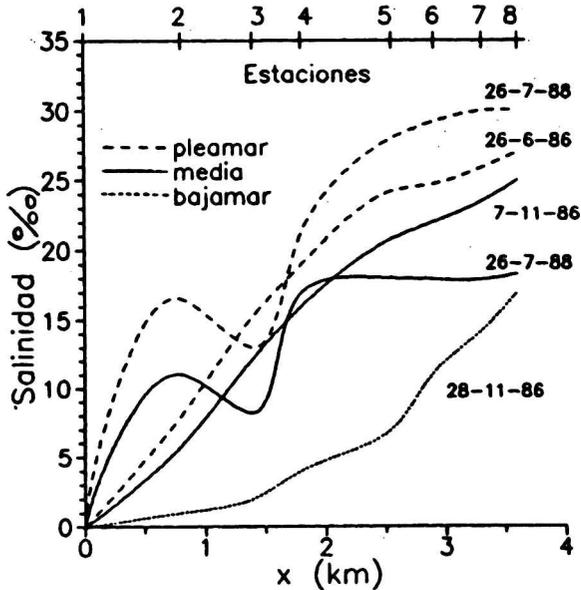


Figura 2. Distribución longitudinal de la salinidad en el estuario del río Sauce Chico determinada en diferentes campañas longitudinales y distintos estados de marea. x (km) es la distancia desde la estación 1 hacia la desembocadura.

Hidrografía del estuario del Río Sauce Chico

Salinidad y Temperatura

En todas las campañas los perfiles de temperatura demostraron que la columna de agua es verticalmente homogénea. No se detectaron variaciones longitudinales en el campo térmico. Aunque se observó que la temperatura del estuario aumenta a lo largo del ciclo de marea debido a los procesos de calentamiento radiativo y turbulento entre el aire y el agua. Cuando las condiciones sinópticas del tiempo se caracterizaron por cielo despejado y viento moderado durante toda la jornada, la temperatura aumentó hasta 2°C a lo largo del día. La magnitud de la temperatura fue similar a los valores típicos del río. Ellos varían, en promedio, entre 8 y 22°C en invierno y verano, respectivamente (Arango, 1988).

La distribución longitudinal de la salinidad superficial en el río Sauce Chico para distintas campañas y estados de marea se muestra en la Figura 2. La estación 1 presenta valores propios de agua dulce en todos los estados de marea. Asimismo, durante las

campañas se registraron amplitudes de marea que varían entre 3,5 y 4,2 m, es decir que se encontraban dentro del rango medio característico de la boca del subestuario (Perillo y Piccolo, 1989). Por consiguiente se sugiere que dicha estación marca el límite máximo de la intrusión salina.

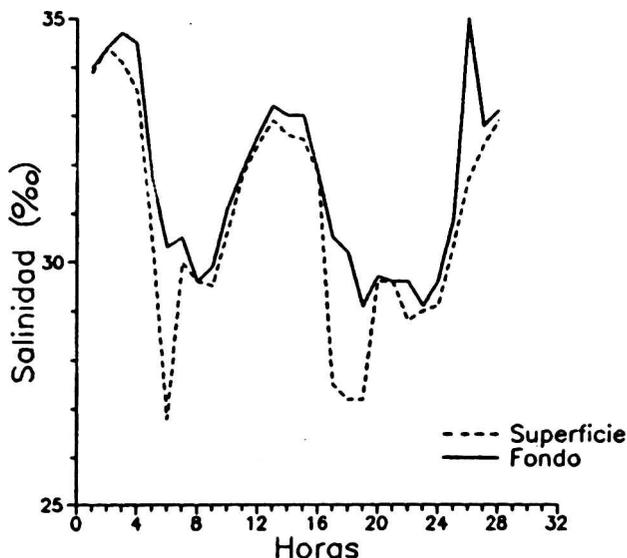


Figura 3. Variación de la salinidad durante dos periodos de marea en la estación 8 (1 y 2-7-87). En el eje x se indica la cantidad de horas de medición.

Obviamente, la salinidad es máxima durante la pleamar. La distribución longitudinal de este parámetro exhibe una forma aproximadamente logarítmica desde la estación 1 hasta su boca. Las anomalías observadas en la estación 2 durante la campaña del 26-7-88 se deben a un drenaje secundario del salitral aledaño.

A lo largo del ciclo de marea la variación de la salinidad en superficie y fondo es similar (Figura 3). Toda la columna de agua responde de igual manera a la influencia de la marea; las diferencias se atenúan durante el flujo y reflujo del agua y son mayores frente a la desembocadura del río (estación 8). El gradiente vertical de salinidad puede aumentar hasta más de 10 ‰, dependiendo del caudal aportado por el río (Perillo et al., 1987a,b). Sin embargo y debido a las condiciones de escasa descarga del río, durante las campañas no se observaron gradientes tan fuertes. En estos los gradientes verticales de salinidad llegaron hasta 4 ‰. En pleamar los gradientes generalmente disminuyeron. La mezcla turbulenta ocasionada por la marea durante el flujo y reflujo produce homogeneidad en la columna de agua. La mezcla es intensa debido a la velocidad de la corriente y a la

escasa profundidad del lugar, que acrecienta la fricción del flujo contra el fondo y las paredes laterales del canal.

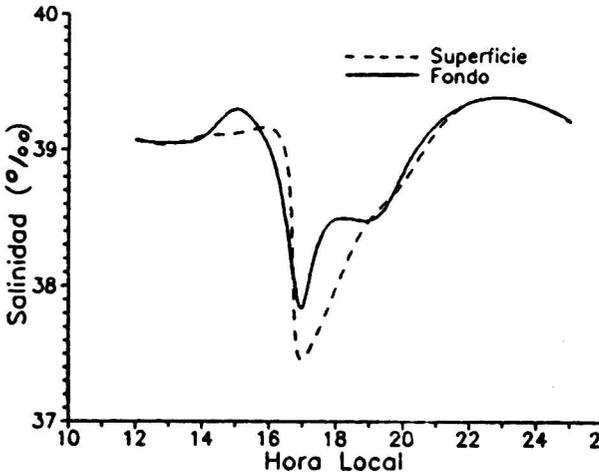


Figura 4. Variación de la salinidad durante un ciclo de marea en la estación 9 (30-3-89).

Naturalmente, la salinidad desciende durante la bajamar y aumenta con la entrada de la marea. Sin embargo, en la campaña realizada el 30 de marzo de 1989 las condiciones se revirtieron. Es decir, la salinidad descendió aún en pleamar (18 hs) (Figura 4) y ascendió en bajamar (23 hs). En dicha campaña y en ambas estaciones se revelan valores de salinidad verdaderamente altos (> 39 ‰). En trabajos recientes (Piccolo et al., 1987; Perillo et al., 1987b) no se habían registrado salinidades superiores a 36 ‰ (Figura 3). Sin embargo, salinidades de 39 ‰ fueron determinadas por Calmels y Taffetani (1967-8, 1969) en zonas más interiores del estuario de Bahía Blanca y por Freije et al. (1981) en la zona intermedia entre la desembocadura del Sauce Chico e Ingeniero White (Figura 1). Debido a la escasa precipitación de los últimos años el caudal del río Sauce Chico es escaso y el lavado de los salitrales, por agua de lluvia es prácticamente nulo. Este último fenómeno superpuesto a una circulación originada fundamentalmente por las mareas como es el caso del estuario de Bahía Blanca con extensas planicies de marea contiguas al canal principal, origina salinidades muy altas. La elevada concentración de sal se debe probablemente a los lavados de las planicies de mareas circundantes al Salitral de la Vidriera (Piccolo y Perillo, 1989b).

Corrientes

Paralelamente con las mediciones de salinidad y temperatura, se realizaron perfiles verticales de corrientes. Debido a la

profundidad del río se midió corrientes sólo en las estaciones 8 y 9. La Figura 5 presenta ejemplos de la velocidad de las corrientes en superficie y fondo (85 cm sobre el fondo) a lo largo del ciclo de marea. Ambas coinciden en sus órdenes de magnitud debido a las características físicas similares de ambas secciones respecto a su ancho y profundidad. Aunque los gradientes verticales de velocidad son mayores en la estación 8 durante el flujo. Obviamente, las velocidades mínimas se observan en los momentos de plea y bajamar, alcanzando los máximos durante los periodos de flujo y reflujo. Las corrientes son del tipo reversibles con máximos valores de 95 cm/s durante el reflujo y 50 cm/s durante el flujo.

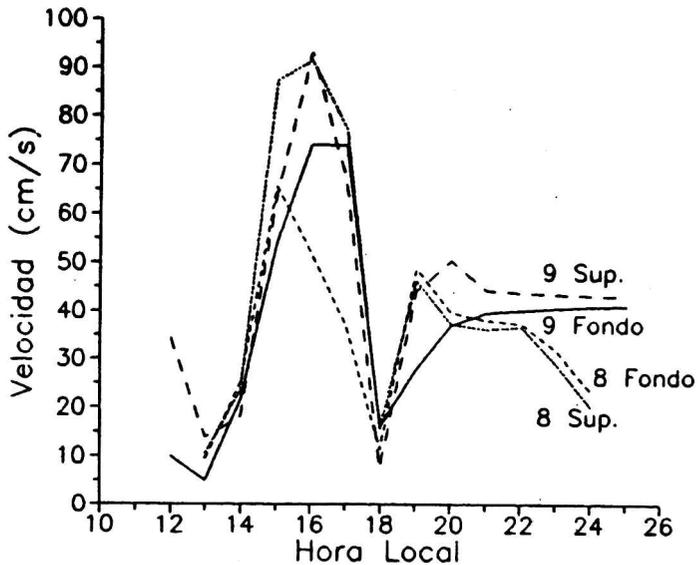


Figura 5. Variación de las corrientes de superficie y fondo en las estaciones 8 y 9 durante un periodo de marea (30-3-89).

La Figura 6 muestra perfiles verticales de la componente u de la corriente en la estación 9 en cuatro estados seleccionados del ciclo de marea. La componente u es la componente dominante, muy cercana en magnitud al módulo del vector velocidad. La variación de u está asociada al tipo de marea de desigualdades diurnas propias del estuario. Las diferencias entre los valores máximos tanto de flujo como de reflujo entre ambos ciclos son del orden de 20 cm/s. Durante la creciente (20 hs) es posible observar una circulación de reflujo en el fondo del cauce de magnitud similar a la de flujo de superficie. El perfil de la velocidad es logarítmico en ambas estaciones (Figura 7), aunque en la estación 8 las velocidades mayores se observan en profundidades intermedias.

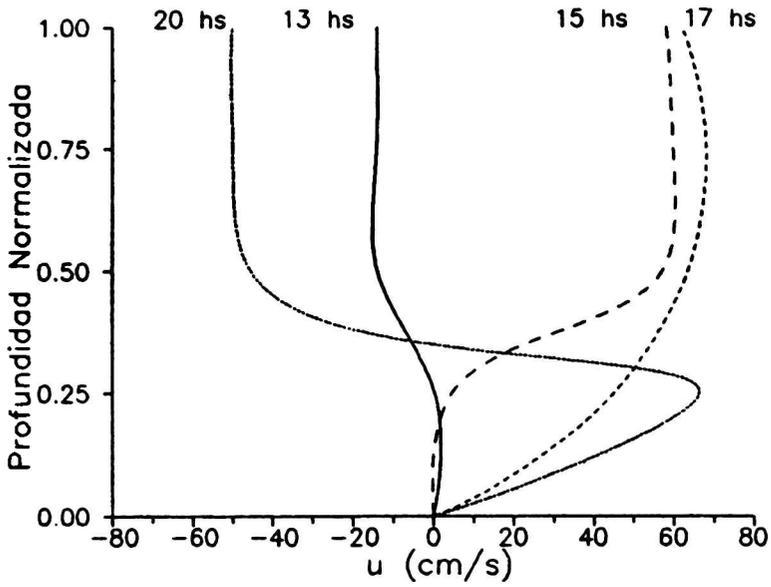


Figura 6. Perfiles verticales de la componente u en la estación 9 en horas seleccionadas de un ciclo de marea (30-3-89)

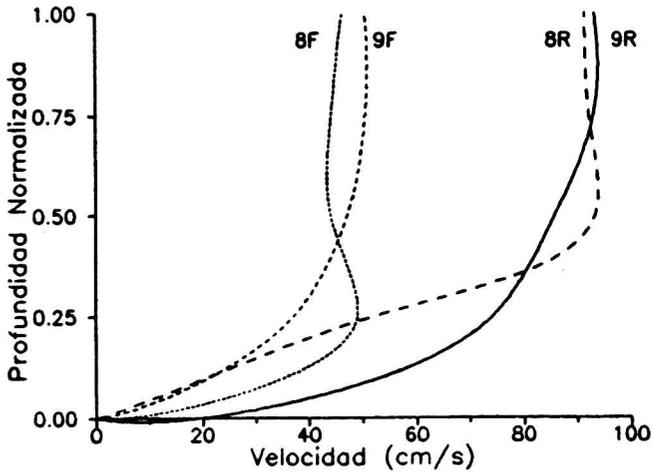


Figura 7. Perfil vertical de las corrientes durante el flujo y reflujó en las estaciones 8 y 9 (30-3-89).

CONCLUSIONES

El caudal medio del río Sauce Chico es 3,77 m³/s. Caudales máximos y mínimos registrados, durante los dos años de mediciones son 0,18 y 20 m³/s, respectivamente. El régimen pluviométrico de la cuenca es el principal factor que interviene en los cambios de caudal observados.

La intrusión salina penetra unos 4 km en el cauce del río a partir de su desembocadura. La oscilación de la salinidad a lo largo del ciclo de marea es, en promedio, 10 ‰. Los promedios de salinidad y temperatura a lo largo del ciclo de marea indican que el subestuario es verticalmente homogéneo.

Las corrientes en el estuario son del tipo reversible con máximos valores de 85 cm/s durante el reflujó y 50 cm/s durante el flujo. El comportamiento de las corrientes fue similar en todas las campañas realizadas. Sus valores dependen exclusivamente del rango de marea, independientemente del caudal arrojado por el río.

En la campaña del 30-3-89, los datos analizados revelan aspectos del campo salino que no fueron observados en mediciones previas. Es decir, la salinidad registró valores de 38 ‰. La elevada concentración de sal se debe probablemente a los lavados de las planicies de mareas circundantes al Salitral de la Vidriera. Es necesario efectuar un mayor número de campañas de observación para determinar en detalle los mecanismos que generan la distribución de la salinidad. Esta situación coincidente con periodos de baja descarga del río puede extender su influencia hasta la zona del puerto de Ing. White.

Agradecimientos

El trabajo fue realizado con subsidios del CONICET PID N° 3901501/85 y N° 3055000/88.

REFERENCIAS

- Arango, J. M., 1988: Modelo unidimensional de transporte de sal y corrientes residuales en el estuario del río Sauce Chico. Informe Final. CONICET, 50pp.
- Calmels, A. y Taffetani, H., 1967-8: Reconocimientos Oceanográficos de la Ría Interior de la Bahía Blanca. Inst. de Oceanografía, Contribución No 3, 78 pp.
- Calmels, A. y Taffetani, H., 1969: Nuevos Aportes al Conocimiento Oceanográfico de la Ría de Bahía Blanca, Puerto de Ing. White. Inst. de Oceanografía Contribución No 4, 56 pp.
- Freije, R. H., Asteasuain, M., Schmidt, M. L. y Zabatti, J., 1981: Relación de la salinidad y temperatura del agua con las condiciones hidrometeorológicas en la porción interna del estuario de Bahía Blanca. IADO Contribución Científica N° 57, 19 pp.
- Orozco Storni, M.S., Lara, R.S. y Pucci. A.E., 1984: Tidal variations of some physico-chemical parameters in Blanca bay,

- Argentina. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 19:485-491.
- Perillo, G. M. E., Piccolo, M.C., Arango, J.M. y Sequeira, M., 1987a: Hidrografía y circulación del estuario de Bahía Blanca, Argentina en condiciones de baja descarga. Memorias del 2º Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. En prensa.
- Perillo, G. M. E., Arango, J. M. y Piccolo, M. C., 1987b: Parámetros Físicos en el Estuario de Bahía Blanca. Periodo 1967-86. IADO Informe Técnico, 540 pp.
- Perillo, G.M.E. y Sequeira, M.E., 1989: Geomorphologic and sediment transport characteristics of the middle reach of the Bahía Blanca estuary, Argentina. *Journal of Geophysical Research-Oceans* 94:14351-14362.
- Perillo, G.M.E. y Piccolo, M.C., 1989: Tidal response in the Bahía Blanca estuary. *Journal of Coastal Research* (en consideración).
- Piccolo, M. C., Perillo, G. M. y Arango, J. M., 1987: Hidrografía del Estuario de Bahía Blanca. *Revista Geofísica*, 26, 75-89.
- Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E., 1989a: Subtidal sea level response to atmospheric forcing in the Bahía Blanca estuary, Argentina. *Proceedings 3 International Congress on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography* 323-324.
- Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E., 1989b: Physical characteristics of the Bahía Blanca estuary (Argentina). *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* (en consideración).