

MODELO DE CIRCULACIÓN SEDIMENTARIA EN UN SISTEMA DE CANALES MESOMAREALES INTERCONECTADOS DETERMINADO CON SONAR DE BARRIDO LATERAL

Silvia S. Ginsberg¹; Salvador Aliotta²; Guillermo O. Lizasoain³.

¹ Dra. en Geología. Instituto Argentino de Oceanografía. Complejo CRIBABB, camino Carrindanga km 7. C.C 804, 8000-Bahía Blanca, Argentina. e-mail: ginsberg@criba.edu.ar

² Dr. en Geología. Instituto Argentino de Oceanografía-Universidad Nacional del Sur. Complejo CRIBABB, camino Carrindanga km 7. C.C 804, 8000-Bahía Blanca, Argentina. e-mail: gmaliott@criba.edu.ar

³ Lic. en Geología. Instituto Argentino de Oceanografía. Complejo CRIBABB, camino Carrindanga km 7. C.C 804, 8000-Bahía Blanca, Argentina. e-mail: liza@criba.edu.ar

RESUMEN

Se realiza un análisis de las formas de fondo que se desarrollan en un sistema de canales mesomareales interconectados (Cabeza de Buey, El Alambre y La Lista), situados en el estuario de Bahía Blanca (Argentina). Utilizando ecosonda y sonar de barrido lateral se infiere el modelo de circulación sedimentaria. Las dunas, orientadas según la corriente de reflujo en los canales estudiados, indican que el canal La Lista gobierna la dispersión de arena dentro del sistema. Así, de acuerdo al modelo de circulación, dicho canal es el receptor del sedimento procedente de los demás canales, transportando un importante volumen de arena hacia el canal Principal.

ABSTRACT

Bedforms developed in a mesotidal interconnected channel system (Cabeza de Buey, El Alambre and La Lista), located in the Bahía Blanca estuary (Argentina), were analyzed. By means of echosounder and side scan sonar the sedimentary circulation pattern is inferred. The dunes, oriented according to the ebb current in the studied channels, indicate that La Lista channel governs sand dispersion inside the system under analysis. In this way, according to the circulation pattern, this channel is the receiver of sediments coming from the other channels, transporting an important volume of sand towards the Principal channel.

Palabras claves: formas de fondo, transporte de sedimento, canales de marea.

INTRODUCCIÓN

El estuario de Bahía Blanca, ubicado al sur de la Provincia de Buenos Aires (Fig. 1), Argentina, esta formado por un sistema de canales interconectados que separan extensas llanuras de mareas e islas. Esta compleja red de canales mesomareales tiene una orientación general NO-SE. Los mismos presentan diferentes ordenes de magnitud. Los mayores poseen cursos que tienden a ser rectos o levemente sinuosos, con profundidades superiores a los 10 m y un ancho, que en algunos casos llega a superar 1 km en la boca. Los canales menores (riachuelos y arroyuelos) tienen generalmente cauces meandrosos, con un ancho y una profundidad de hasta 1m. Sus márgenes están formadas por amplias llanuras intermareales y sus fondos poseen diferentes características sedimentológicas y rasgos morfológicos. En general, la corriente de marea actuante en ellos es reversible, con velocidades de reflujo máximas de 1,2 m/s, mientras que en el flujo llegan a 0,80 m/s. Evaluaciones de la duración de las mismas indican que en promedio el flujo demora 7 hs., mientras el reflujo dura 5 hs. (Ginsberg y Perillo, en prensa).

En el estuario de Bahía Blanca la marea es el principal agente responsable del movimiento de los sedimentos y de las formas de fondo resultantes. La distribución, disposición y morfología de estas últimas, proveen información sobre las características de las corrientes de fondo, asumiendo que las geoformas están en equilibrio con las condiciones oceanográficas actuales (Ikehara y Kinoshita, 1994). Además, la asimetría de las dunas se

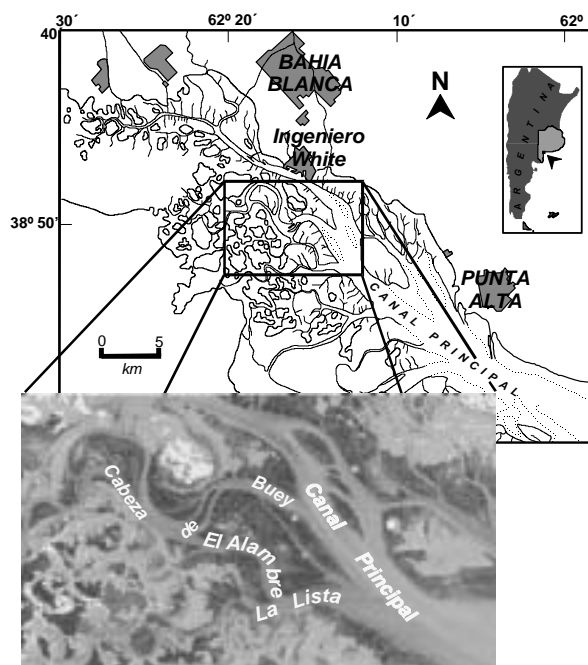


Fig. 1 – Estuario de Bahía Blanca. Ubicación de los canales estudiados.

vincula con la dirección del transporte de sedimento como carga de fondo (Langhorne, 1982; McCave y Langhorne, 1982; Harris, 1988). Dentro de este contexto, el objetivo de este trabajo es determinar la presencia y distribución espacial de formas de fondo, las cuales, considerando que

ellas son un reflejo directo del régimen hidrodinámico dominante, permitirán inferir el modelo de circulación de arena en los canales de marea interconectados.

Los canales Cabeza de Buey, El Alambre y La Lista integran el sistema considerado para este estudio. Los mismos se encuentran ubicados en el sector NO del estuario de Bahía Blanca (Fig. 1). El canal Cabeza de Buey, situado al norte del canal La Lista, se comunica con este a través del canal El Alambre. Los dos primeros vierten sus aguas en el canal de navegación (canal Principal), en el que predomina un transporte de sedimento como carga de fondo hacia el exterior del estuario (Aliotta, 1987).

Los canales de marea estudiados están sujetos a una intensa actividad humana, siendo usados como vías de navegación. Además, ellos contienen áreas de importante valor ecológico, las cuales son extremadamente sensibles a los cambios causados, ya sea por factores naturales o interferencia humana. Esto motiva incrementar su atención, para entender los complejos procesos que actúan en ellos, controlando la distribución del sedimento, como el transporte de contaminantes y especies biológicas. Es por ello que el conocimiento del modelo de circulación dentro de los canales es fundamental para una completa comprensión del sistema estuarial.

METODOS DE TRABAJO

Los relevamientos marinos se realizaron con la embarcación oceanográfica "Buen Día Señor" del Instituto Argentino de Oceanografía (IADO). Para el control de la posición se empleó un GPS GARMIN, MAP 210. La determinación de las formas de fondo se realizó por medio de ecosonda Raytheon (208 kHz) y sonar de barrido lateral (EG&G modelo SMS 960). Para evitar deformaciones de escala, en este último equipo la velocidad de registración gráfica fue corregida según la velocidad real de navegación. La caracterización de los sedimentos superficiales de fondo se realizó mediante un muestreador a mandíbulas tipo snapper.

RESULTADOS

Las formas de fondo determinadas se agruparon, según la clasificación de Ashley (1990), en dunas grandes y dunas medianas. Las formas mayores se caracterizan por una longitud de onda (L) entre 10 m y 100 m, y una altura (H) que varía entre 0,75 m y 5 m. Las dunas categorizadas como medianas presentan $5m < L < 10m$ y $0,4m < H < 0,75m$.

El canal Cabeza de Buey (Fig. 2) exhibe un cauce meandroso de reducida profundidad (hasta 6m). Su fondo tiende a ser erosionado a través de un sistema de canales interdigitados de flujo y reflujo, separados por zonas más elevadas (bancos). El interior del canal presenta un lecho plano, carente de formas de fondo (Fig. 2, A). Las muestras extraídas indican un sedimento predominantemente pelítico con arena muy fina. En este sector los sonogramas obtenidos revelan que en los veriles del canal se producen deslizamiento de materiales, lo que da lugar al desarrollo de un rasgo morfológico denominado por Ginsberg y Perillo (1990) media luna de

erosión. En el tramo más interno del sector estudiado del canal Cabeza de Buey (Fig. 2, B), se presentan dunas medianas de $0,5m < H < 1m$, y $6m < L < 11m$. Sus crestas se disponen transversales al canal y poseen una configuración ondulante. Su perfil topográfico es asimétrico según el reflujo. Estas estructuras están generadas en una muy delgada cubierta sedimentaria de arena fina, con bajo porcentaje de fracción grava (5 %). Este sedimento se moviliza sobre un material compactado (visualizado en el registro de sonar por su alta reflectividad), el cual conforma los veriles del canal (Fig. 2, B), mostrando, en algunos sectores, cierta estratificación. Hacia el sureste las dunas tienden a disminuir su altura hasta 0,40 m, con un espaciamiento entre 5 y 10 m. Si bien su carácter asimétrico permanece invariable, la configuración de sus crestas en planta pasa a ser recta.

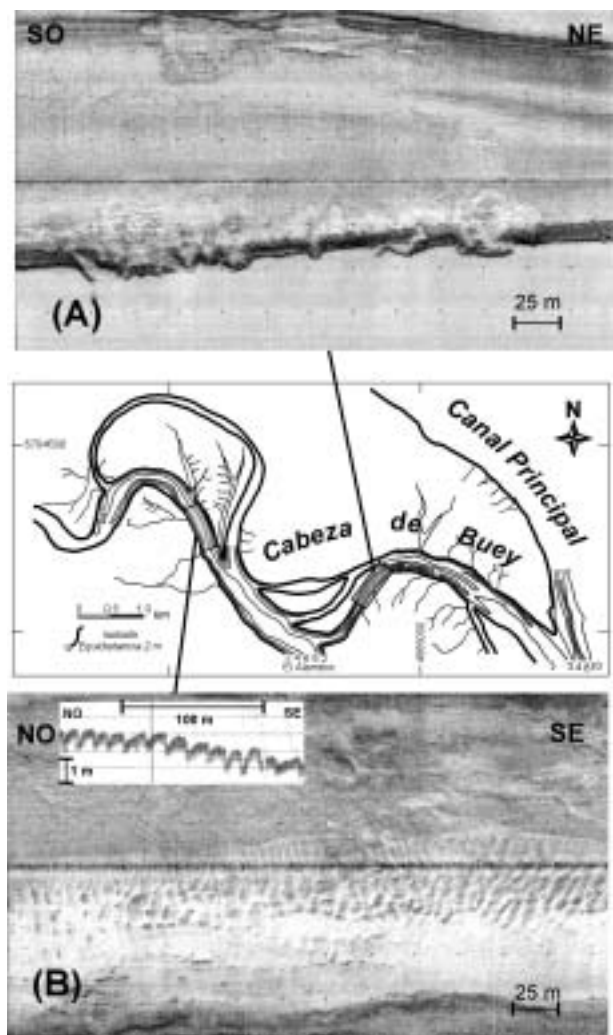


Fig. 2 – Registros de sonar lateral del canal Cabeza de Buey. A) Fondo plano con deslizamiento de materiales en los veriles. B) Fondo con dunas.

Las dunas observadas en el sector más interno del canal Cabeza de Buey continúan su desarrollo ininterrumpidamente hacia el canal El Alambre. En el interior del mismo se han determinado dunas grandes de hasta 0,80 m de altura y longitud de onda de 15 m. Su sección transversal es marcadamente asimétrica, con su talud hacia el sureste (Fig. 3, A). Sus crestas exhiben una forma sinusoidal, transformándose hacia la boca del canal El Alambre en crestas arqueadas o de tipo barjanoide (Fig. 3, B). Aquí se han relevado las dunas de mayor altitud presentes en el área de estudio (1,5 m), y $15\text{m} < L < 20\text{m}$. El perfil de las mismas es claramente asimétrico, con su talud ubicado en dirección al refluo. Los sedimentos que conforman estas geoformas corresponden a una arena fina de baja respuesta acústica (tonalidad muy clara en el sonograma), que cubre un basamento duro, cuya mayor reflectividad se observa no solo en los veriles, sino que también queda expuesto entre las dunas.

Esta característica evidencia el delgado espesor de la capa de sedimento que es movilizado por las corrientes. En el sector de confluencia con el canal La Lista estas grandes dunas reducen sensiblemente su altura ($0,5\text{m} < H < 0,8\text{m}$), aunque conservan su característica asimétrica.

A lo largo del sector estudiado del canal La Lista, se han determinado, en general, la formación de dunas medianas. En la zona más interna, donde confluyen dos canales secundarios, se establece un importante aporte de sedimento arenoso proveniente de sólo uno de ellos. La arena fina (tonalidad clara en el sonograma, figura 3, C) es movilizada hacia el exterior del canal La Lista sobre materiales arena limo arcillosos cohesivos (Aliotta et al., 2001), acústicamente más reflectivos y sujetos a procesos de deslizamiento en masa de los veriles. En el centro del canal se desarrollan pequeñas formas menores de 0,5 m de altura y $7\text{m} < L < 10\text{m}$. Las mismas son asimétricas con el refluo y su configuración en planta sinuosa.

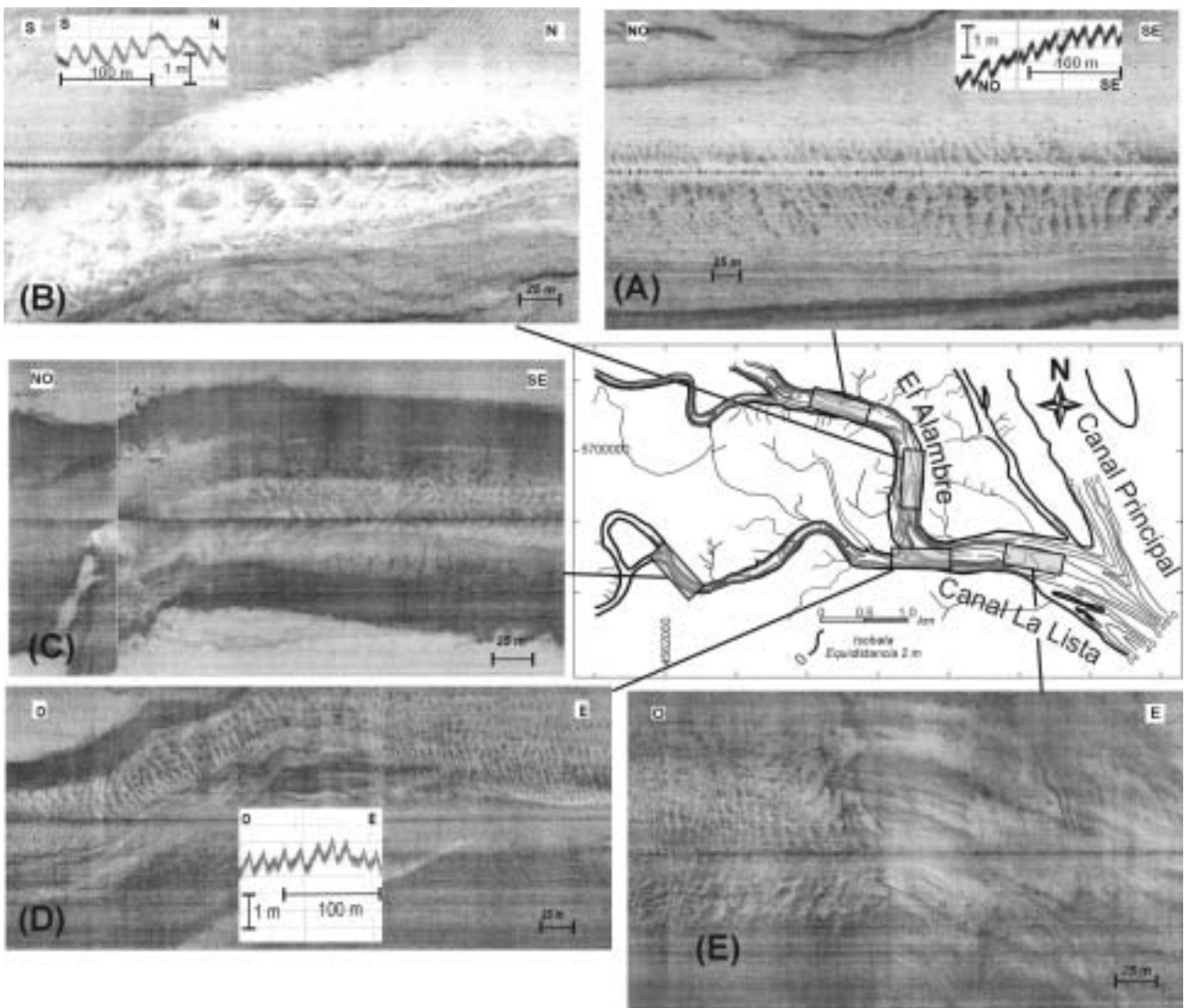


Fig. 3 – Sonogramas de los canales El Alambre y La Lista mostrando dunas de diferentes características.

Esta característica de las formas de fondo se mantiene más o menos constante a lo largo del canal La Lista, observándose las de mayores dimensiones en cercanías de su confluencia con El Alambre. Las mismas presentan alturas de hasta 0,7 m y un espaciamiento del orden de los 10 m. Estas dunas, con sus crestas sinuosas, se agrupan en una estrecha franja arenosa, limitada por un material compactado. El mismo conforma los veriles abruptos del canal, observándose en la registración de sonar como altamente reflectivos (Fig. 3, D). También, en el sonograma resulta notable la configuración de crestas de dunas entrecruzadas que se desarrollan hacia el este, como consecuencia de la influencia hidrosedimentológica del canal El Alambre al unirse con La Lista (Fig. 3, D).

Hasta la zona de la desembocadura del canal La Lista se advierten dunas medianas de características morfológicas similares a las desarrolladas en el sector más interno. Los sonogramas evidencian que estas geoformas se interrumpen de manera abrupta en cercanías del canal Principal, pasando a un lecho acústicamente más reflectivo, que denota un fondo rocoso con resaltes topográficos e irregularidades (Fig. 3, E). Sobre este material consolidado se generan grandes lineaciones sedimentarias de arena fina ("sand ribbons"), acústicamente visualizadas por su tonalidad clara, las cuales exhiben una leve curvatura en dirección al canal Principal.

DISCUSION Y CONCLUSION

Las formas de fondo observadas en el área de estudio son generadas debido a la interacción del régimen oceanográfico actual con el fondo de los canales. Las características morfológicas y sedimentológicas que adquieren las dunas subácueas, dentro del sistema de canales interconectados considerado, permiten definir el modelo de circulación del sedimento transportado como carga de fondo.

La asimetría de las dunas indica la dirección neta del transporte de los materiales por una corriente unidireccional o por una corriente reversible de carácter asimétrico en tiempo-velocidad (Johnson et al., 1982). La pendiente más inclinada (talud) señala la dirección de traslado de la geoforma (Jones et al., 1965; Aliotta y Perillo, 1987; Berné et al., 1993) y del transporte de sedimento como carga de fondo (Mc Cave y Langhorne, 1982; Harris y Collins, 1984). Además, la magnitud de las dimensiones de las formas de fondo y la configuración que adquieren sus crestas, son proporcionales a la intensidad del flujo (Allen, 1968). Así, las dunas de mayor tamaño y de crestas más redondeadas son indicativas de flujos más intensos.

Sobre la base de estos conceptos, considerando el tamaño y la forma de las formas de fondo, en el sistema de canales estudiados se puede inferir el modelo de circulación sedimentaria de fondo. Todas las dunas determinadas, tanto las grandes como las medianas, presentan el talud orientado hacia la boca de los canales, indicando una dirección neta de migración sedimentaria en ese sentido. Así, en el sector donde el canal Cabeza de Buey confluye con El Alambre, la corriente de reflujos

cambia su principal dirección de transporte de arena, circulando preferentemente hacia el canal El Alambre. Esto indica que existe un giro en sentido horario de la arena en la entrada de dicho canal. Por lo tanto, este resulta un conducto de la corriente de reflujos que transporta la arena proveniente del interior del canal Cabeza de Buey, hacia el canal La Lista. Por otro lado, sobre la base de la forma que presentan las crestas de las dunas, desarrolladas dentro del canal Cabeza de Buey, las cuales pasan de onduladas a lineales, se puede inferir que existe cierta disminución en la velocidad de la corriente de reflujos desde el interior del canal hacia el El Alambre.

La presencia de grandes dunas en el canal El Alambre revelan que aquí la corriente de reflujos, proveniente principalmente del canal Cabeza de Buey, sufre un notable aumento en su velocidad. Además, el cambio en la disposición de las crestas de las dunas que se desarrollan dentro del canal (grandes dunas de forma barjanoide), indican un sensible aumento en la velocidad de la corriente de reflujos, haciéndose máxima en cercanías al canal La Lista.

El desarrollo de dunas medianas en el sector de confluencia entre El Alambre y La Lista, evidencian una relativa disminución en la velocidad de la corriente que proviene del primero. La forma sinuosa y la aparición de crestas entrecruzadas sugieren la influencia en forma igualmente proporcional de los reflujos provenientes de ambos canales, que movilizan la arena de fondo.

En general, puede concluirse que el canal La Lista, dentro del sistema de canales aquí estudiado, controlaría la dispersión de arena, facilitando el suministro de sedimentos de las llanuras de marea hacia el canal Principal. Así, de acuerdo al modelo de circulación sedimentaria, dicho canal capta el material procedente de los canales estudiados, el cual se sumaría a aquel proveniente del interior del mismo (Fig. 4). Las características que presentan las formas de fondo demuestran que grandes volúmenes de arena son transportados hacia el canal Principal.

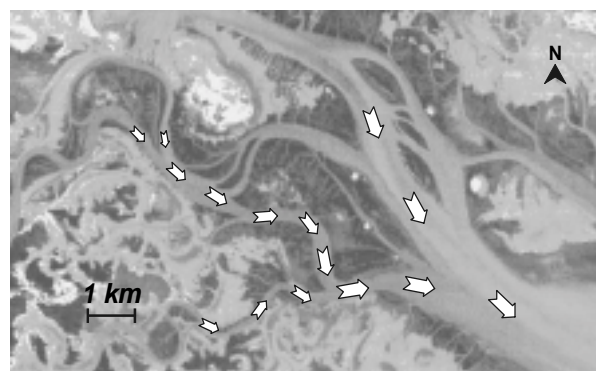


Fig. 4 – Modelo de circulación del sedimento de fondo en los canales estudiados. El tamaño de la flecha es proporcional al transporte de sedimento.

Por otro lado, cabe destacar que el sedimento que conforma las dunas deriva de la erosión de las llanuras de marea y del deslizamiento de materiales de los veriles de

los canales. Dado que no existe un aporte fluvial de sedimento al sector estudiado, puede concluirse que las formas de fondo están constituidas por arena proveniente de sedimentos retrabajados.

AGRADECIMIENTOS

Al laboratorio de geología del IADO por el procesamiento de las muestras, al Téc. R. Zibecchi por su asistencia con el sonar de barrido lateral y a la tripulación de la embarcación "Buen Día Señor". Este trabajo fue financiado por el PICT 07-07138 de la Agencia Nac. de Promoción Científica y Tecnológica, y por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nac. del Sur (Argentina).

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- ALIOTTA, S. (1987). Estudio de la geomorfología y de la dinámica sedimentaria del estuario de Bahía Blanca entre Puerto Rosales y El Fondeadero. Tesis doctoral. Universidad Nacional del Sur. Inédita: 180 pp.
- ALIOTTA, S. & G. PERILLO (1987). A sand wave field in the entrance to Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Marine Geology* 76: 1-14.
- ALIOTTA, S.; G. LIZASOAIN & S. GINSBERG (2001). Diferenciación de fondos en canales del estuario de Bahía Blanca, Argentina. IX Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar (Colombia). Actas en CD-ROM, n°: 360, 4 pp.
- ALLEN, J.R.L. (1968). Current Ripples: Their relation to patterns of water and sediment motion. North-Holland publishing, 433 p., Amsterdam.
- ASHLEY, G.M. (1990). Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. *J. Sedim. Petrol.* 60 (1), 160-172.
- BERNÉ, S.; P. CASTAING; E. LE DREZEN & G. LERICOLAIS (1993). Morphology, internal structure and reversal of asymmetry of large subtidal dunes in the entrance to Gironde Estuary (France). *Journal Sedimentary Petrology* 63 (5), 780-793.
- GINSBERG, S.S. & G.M.E. PERILLO (1990). Channel Bank recession in the Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Journal of Coastal Research*, 6(4), 999-1009.
- GINSBERG, S.S. & G.M.E. PERILLO (en prensa). Characteristics of Tidal Channels in a Mesotidal Estuary of Argentina. *Journal of Coastal Research*.
- HARRIS, P.T. (1988). Sediments, bedforms and bedload transport pathways on the continental shelf adjacent to Torres Strait, Australia-Papua New Guinea. *Cont. Shelf Res.* 9 (11), 981-1002.
- HARRIS, P. T. & M. B. COLLINS (1984). Side-scan sonar investigation into temporal variation in sandwave morphology: Helwick Sands, Bristol Channel. *Geo-Mar. Lett.* 4, 91-97.
- IKEHARA, K. & Y. KINOSHITA (1994). Distribution and origin of subaqueous dunes on the shelf of Japan. *Marine Geology* 120: 75-87.
- JOHNSON, M.A.; N.H. KENYON & R.H. BELDERSON (1982). Sand transport. In: Stride A. H. (Ed.). *Offshore Tidal Sands. Processes and Deposits*, Chapman & Hall, London, pp. 58-94.

JONES, N.S.; J.M. KAIN & A.H. STRIDE (1965). The movement of sandwaves on Warts Bank, Isle of Man. *Marine Geology* 3: 329-336.

LANGHORNE, D.N. (1982). A study of the dynamics of a marine sandwave. *Sedimentology* 29, 571-594.

MC CAVE, I.N. & D.N. LANGHORNE (1982). Sandwaves and sediment transport around the end of a tidal sandbank. *Sedimentology* 29, 95-110.