

ANALISIS PRELIMINAR DE LA DISTRIBUCION
DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION EN MONTE HERMOSO

Diana G. Cuadrado y Gerardo M.E. Perillo
Instituto Argentino de Oceanografía
CONICET-UNS
Avda. Alem 53-8000 Bahía Blanca

RESUMEN

Se presenta un análisis preliminar de muestras superficiales de una zona semi permanente de sedimentos en suspensión en la playa de Monte Hermoso, provincia de Buenos Aires. Dichas muestras se obtuvieron a lo largo del espigón de pesca, durante casi un período de marea, registrándose simultáneamente datos de olas y vientos. Se advierte una clara variación de la concentración de los sedimentos en suspensión a lo largo del perfil perpendicular a la costa, acompañado por una variación en el tamaño del grano. Al mismo tiempo se registra una baja concentración de sedimento costa afuera, aumentando hacia la costa, obteniéndose las máximas concentraciones en la zona de rompiente y deslizamiento. El ancho de la zona de sedimento en suspensión es evidentemente afectada por la dirección del viento, siendo máximo con vientos procedentes del norte y mínimo con vientos del sur.

ABSTRACT

A preliminary analysis of surficial samples from a quasi-permanent suspended sediment zone in Monte Hermoso is presented. All samples were obtained along the fishing pier through almost one tidal cycle. Wave and wind data were gathered simultaneously. Both, sediment concentration and grain size, increase from a point offshore the breakers towards the shoreline; the maximum concentrations are observed at the breakers and the surf zone. The width of the suspended sediment zone is affected by the wind direction, being maximum with northern winds and minimum with southern ones.

Uno de los principales factores para la suspensión de sedimentos es la turbulencia, la cual ha sido relativamente bien estudiada en flujos unidireccionales uniformes y en estado estacionario (Vanoni, 1963). Para conocer el transporte de sedimentos en suspensión bajo la acción de olas, se trató de hacer una analogía con lo que ocurría con los flujos unidireccionales; aunque no se pueden utilizar las mismas suposiciones básicas (Einstein, 1972). La complejidad radica en la medición de la concentración de sedimentos en suspensión y en encontrar una forma de relacionar la concentración con los datos de olas (altura, período y esfuerzo tangencial).

En los estudios realizados existe una gran variedad en cuanto a la metodología utilizada. Se emplean muestreadores manuales (Jensen y Sorensen, 1972; Fairchild, 1972; Kana, 1977; Cook y Gorsline, 1972), automáticos (Gohren y Laucht, 1972), y sofisticados sensores electroópticos (Brennkmeier, 1974; Thornton y Morris, 1977). Fairchild (1977), utilizando un sistema de bombeo, estudió el área costera y las interacciones de los factores que en ella tienen lugar con la concentración de sedimentos en suspensión.

En la zona de deslizamiento, no sólo se deben considerar las complicadas relaciones existentes entre la suspensión de sedimentos y los efectos producidos por el movimiento de las olas, sino también se deben tener en cuenta factores que interactúan con el mar, como es el caso de los vientos. Estos pueden provocar movimientos de agua con el consiguiente transporte de los sedimentos en suspensión.

Cook y Gorsline (1972) estudiaron este último fenómeno en la zona de costa afuera y concluyen que una brisa hacia la costa provoca un transporte del agua superficial en la misma dirección y un flujo compensatorio hacia el mar por el fondo, y viceversa.

El presente trabajo consiste en el análisis de un conjunto de mediciones y observaciones realizadas en la zona de deslizamiento, incluyendo un sector costa afuera de la rompiente en la localidad de Monte Hermoso. Estudios previos en el área demuestran la presencia casi constante, de una zona de sedimento en suspensión paralela a la costa y de ancho variable. Otra de las razones de la elección de esta playa como área de estudio, es que se pudo contar con un espigón de pesca que se interna en el mar unos 200 m aproximadamente (Figura 1). El espigón atraviesa la zona de deslizamiento, rompiente y penetra mar adentro de esta última. De esta forma, la zona de sedimento queda incluida en el tramo dominado por el espigón.

Los objetivos del presente estudio consisten en efectuar un análisis preliminar del comportamiento de la zona de sedimento en suspensión en relación con los distintos factores actuantes en la playa (vientos, olas, mareas), como así también conocer la distribución de la concentración y tamaño del sedimento en suspensión superficial.



Figura 1. Plano de ubicación del área de estudio

METODOLOGIA

Las estaciones de muestreo se ubicaron sobre el espigón cada 40 m. A partir de la zona de rompiente la distancia fue considerada positiva en dirección hacia la costa, y negativa hacia el mar.

De acuerdo a un análisis previo, las muestras se tomaron de la cresta de la ola al pasar por la estación. Todas ellas se obtuvieron del lado del espigón de donde provenían las olas, por lo tanto el muestreo no estuvo afectado por esta estructura. El muestreador empleado fue un recipiente plástico con una capacidad de 5 l, del cual se extrajo una alícuota de 1 l.

La campaña tuvo una duración de 11 hs consecutivas, comenzando a las 8 hs. Cada 3 hs se recogió un volumen mayor (5 l), que además de emplearse para el cálculo de concentración se utilizó para el análisis granulométrico. Con un desfase de media hora con respecto al muestreo se recabó información acerca de la altura y período de las olas y tipo de rompiente, aplicando las técnicas visuales desarrolladas para el Programa de Observaciones Costeras (POC) (Perillo y Píccolo, 1987). Los datos de viento, temperatura de agua y temperatura del aire fueron proporcionados por la estación meteorológica del IADO localizada en la zona.

En el laboratorio se procesaron las muestras para obtener su concentración y tamaño de sedimento. El filtrado se realizó con la ayuda de una bomba de vacío, utilizando filtros Millipore HA con un tamaño de poro de 0,45 μm . Para el cálculo del tamaño de sedimento se utilizó el método de Odén (Krumbein y Pettijohn, 1938).

RESULTADOS

Las concentraciones y tamaños de sedimento, se relacionaron con todos los factores intervinientes en la playa y que se pudieron medir durante la campaña (ubicación de la muestra con respecto a la rompiente, condiciones de olas y características meteorológicas).

Los valores extremos de concentración del sedimento en suspensión, fueron 92 y 37,6 mg/l. La Figura 2 muestra la distribución de la concentración media, en los diferentes puntos de muestreo. Valores del orden de 60 mg/l corresponden a la zona costa afuera y el canal. En cambio, una concentración media de 75 mg/l se obtuvo en las zonas de rompiente y deslizamiento. Asimismo, las concentraciones medias tienden a incrementarse en dirección a la costa, mientras que en el canal se produce una brusca disminución hasta valores similares a los de costa afuera.

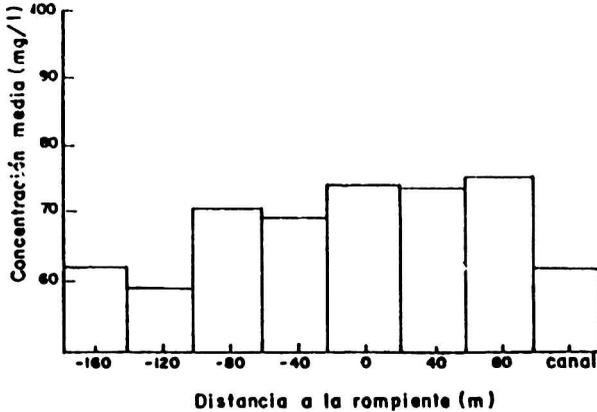


Figura 2. Distribución de la concentración media obtenida en las estaciones discriminadas según la distancia a la rompiente (valores negativos indican dirección costa afuera, positivos hacia la costa).

Durante el período de mediciones se registraron variaciones significativas en la dirección e intensidad del viento. La relación existente entre la concentración y las características del viento (intensidad y dirección) queda claramente reflejada en la Figura 3. El cambio de dirección del viento de norte a sudeste, provocó una disminución en la concentración superficial hasta alcanzar valores mínimos. Al cambiar nuevamente el viento al norte, se produjo un incremento en la concentración. Cuando cambió el viento de norte a sudeste, la zona de sedimento fue empujada hacia la costa. En ese momento, las últimas estaciones de muestreo quedaron fuera de la mancha de sedimento, obteniéndose entonces agua con mucha menor concentración (Figura 3).

Debido a la importancia que presentan los vientos en este estudio, se realizó un análisis estadístico de los mismos relacionados con la zona de sedimento. Una de las observaciones efectuadas para el POC es determinar el ancho de la zona de sedimento. Esta zona es un área paralela a la costa, de color marrón, producto de la mayor concentración de sedimento en suspensión. Su ancho es variable, pudiendo no existir. Estas observaciones son estimativas y se efectúan dos veces por día.

Para el estudio estadístico se utilizaron datos observacionales obtenidos durante un período de seis meses y medio (desde mayo a noviembre de 1982). De estos 214 días, en 181 observaciones se especificó el ancho de la zona de sedimento. En las observaciones consideradas, el límite cercano a la playa siempre tocó la costa,

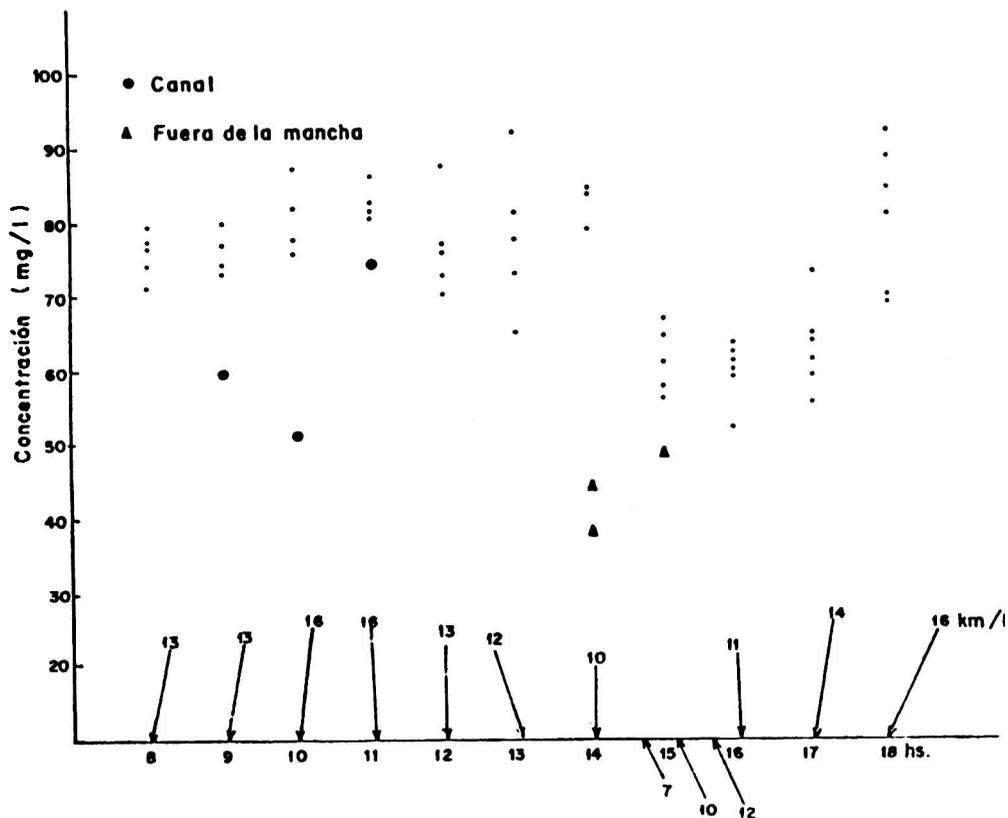


Figura 3. Distribución de la concentración con respecto a la dirección y velocidad del viento. Se discriminaron las muestras obtenidas en el canal y fuera de la mancha.

excepto cuando no se observó sedimento en suspensión. En la Figura 4 se advierte que anchos de la zona entre 100 y 500 m son los que se presentan con mayor frecuencia, mientras que son pocas las veces que el agua no contiene sedimentos en suspensión en cantidad apreciable.

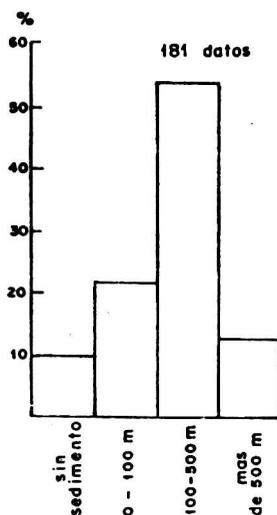


Figura 4. Porcentajes de ocurrencia del ancho de la zona de sedimentos.

En la Figura 5 se analiza la relación entre cada intervalo de clase (sin sedimento, de 0 a 100 m, de 100 a 500 m, y más de 500 m), y el sector desde el cual proviene el viento. Para todos los intervalos las mayores frecuencias corresponden a vientos del sector oeste a norte. Cuando no hay sedimento en suspensión, el viento es principalmente del oeste (Figura 5a). En cambio cuando la zona de sedimento tiene un ancho mayor a 500 m, el viento predominante es fundamentalmente del norte, siendo nulos del sector sur (Figura 5d). Cabe acotar que la orientación de la costa de Monte Hermoso es prácticamente este-oeste.

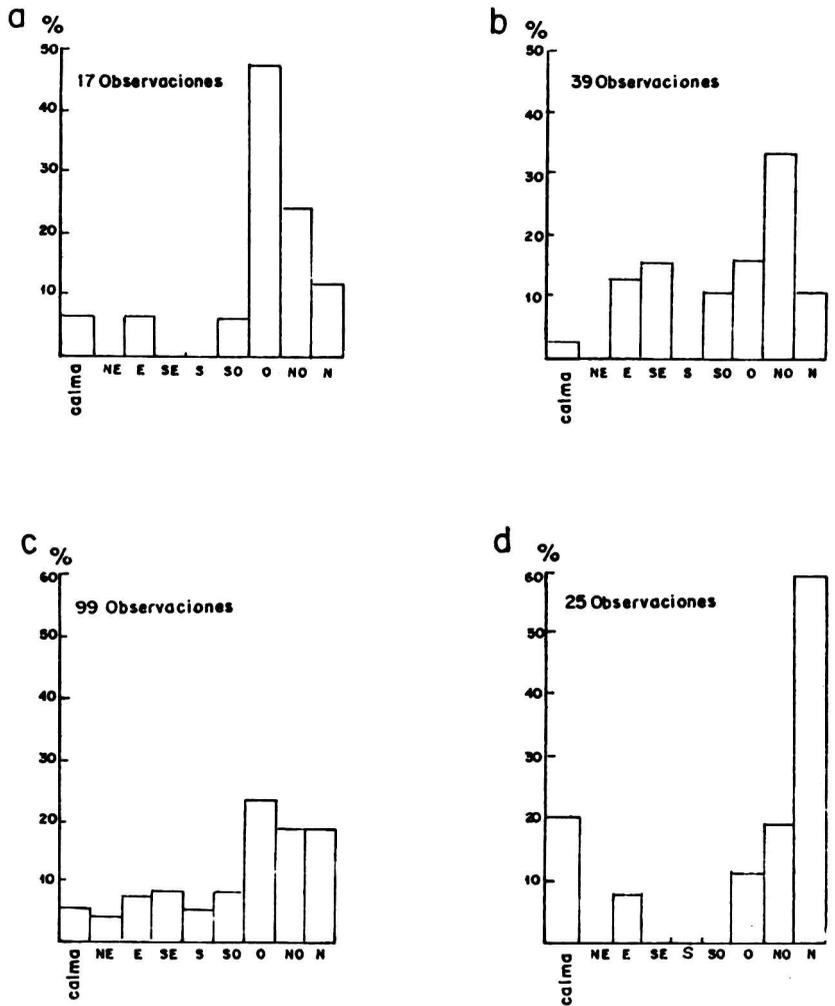


Figura 5. Porcentajes del viento dominante en relación a los distintos anchos de la zona de sedimento. a) sin sedimentos. b) ancho de 0 a 100 m. c) ancho de 100 a 500 m. d) ancho mayor a 500 m.

En la Figura 6 se observa que el mayor porcentaje medio corresponde al tamaño arcilla, continuando en importancia el de arena fina. El tamaño limo es el que presenta los menores porcentajes medios.

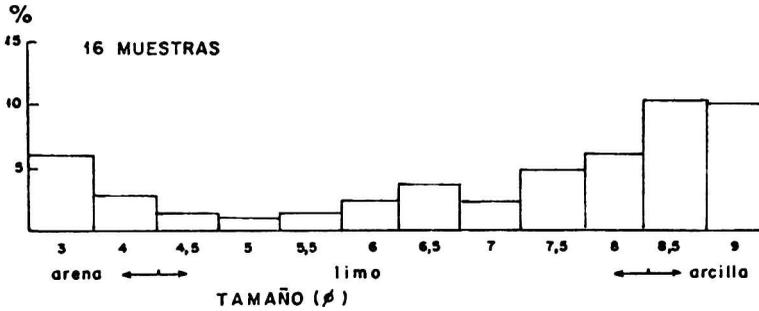


Figura 6. Distribución de porcentajes medios del tamaño de sedimento.

Al graficar cada tamaño de sedimento (Figura 7) se pudo determinar que los mayores tamaños son los más abundantes en la zona de rompiente (p. e. 3 Ø; Figura 7), mostrando una marcada diferencia con respecto a la zona de costa afuera. Por el contrario, los tamaños menores correspondientes a arcilla se encuentran con menor frecuencia en la zona de rompiente (p. e. 9 Ø; Figura 7). Para el caso de los limos, su distribución a través de la zona de muestreo es mucho más homogénea (p. e. 5 Ø; Figura 7).

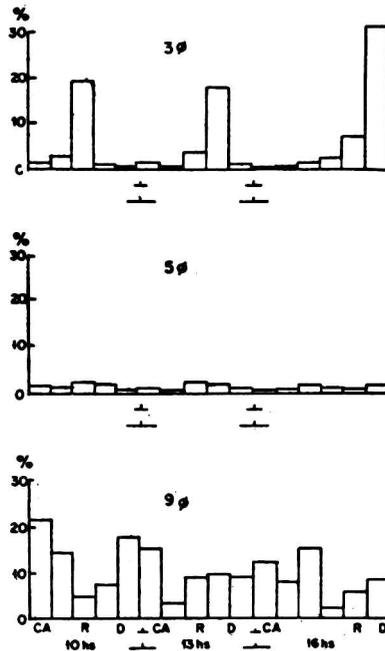


Figura 7. Distribución del tamaño de grano de 3 Ø, 5 Ø y 9 Ø, para las zonas de costa afuera (C.A.), rompiente (R) y deslizamiento (D), sobre un total de 16 muestras.

En la Figura 8 se presentan las curvas acumulativas correspondientes a cuatro muestras, cada una de ellas típica de la zona de la que fue extraída. Es posible observar que las muestras que corresponden a las zonas de rompiente y deslizamiento son las que poseen mayor contenido de arena. Lo cual concuerda al ser éstas las zonas de mayor energía. Si bien el canal se encuentra dentro de la zona de deslizamiento, las muestras clasificadas como tal fueron tomadas cuando se encontraba separado por la barra de lavado.

Con respecto a las condiciones de olas, éstas se mantuvieron en valores bajos. La única variación se debió a un aumento de 15 cm (40 a 55 cm) en las alturas de las olas al cambiar la dirección del viento de norte a sudeste. El período de las olas no varió en relación con el cambio en la dirección del viento. En todos los casos los períodos medidos fueron del orden de 12 segundos.

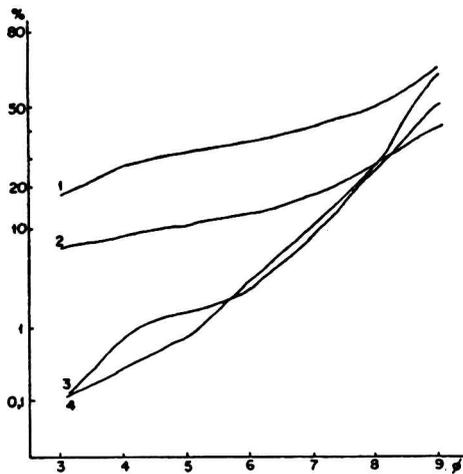


Figura 8. Curvas acumulativas para distintas zonas de muestreo. Curva 1: zona de deslizamiento; curva 2: zona de rompiente; curva 3: zona de costa afuera; curva 4: canal.

Observaciones con lupa binocular sobre muestras que contenían arena fina, permitieron determinar que los granos son principalmente redondeados a subredondeados, con algunos rasgos producto de choques eclícos.

Mediante microscopio petrográfico, observando muestras a grano suelto, se determinaron los siguientes minerales en orden de abundancia: vidrio, alteritas, plagioclasa, pastas de roca, cuarzo, feldespato potásico y opacos. El máximo desarrollo de los individuos lo manifiestan los vidrios, mientras que los opacos son los más pequeños.

DISCUSION

En base al muestreo de agua superficial, se observó una variación en la concentración y tamaño de sedimento en suspensión dependiendo de la zona en que se extrajo la muestra. Es así que se considerarán cuatro zonas distintas: costa afuera, zona de rompiente, zona de deslizamiento y canal.

Costa afuera de la rompiente la concentración es baja y el tamaño de sedimento es, en su gran mayoría, arcilla y limo. En esta zona, la suspensión se debe al movimiento orbital de las olas, lo que se complementa con el pequeño tamaño de los sedimentos que poseen velocidades de caída muy bajas y, por lo tanto, se mantienen por mayor tiempo en suspensión. Hacia la costa, la concentración va aumentando hasta alcanzar los valores máximos en la zona de rompiente (Figura 2). En esta última, la rompiente produce suficiente turbulencia como para poner en suspensión arena fina del fondo (Figura 7).

En la zona de deslizamiento, el contenido de sedimento en suspensión es alto. En ella se produce el encuentro de la masa de agua que se traslada hacia la playa con el lavado retrocedente. El estado de agitación en esta zona es importante, permitiendo que la turbulencia mantenga en suspensión aún a la arena gruesa traída por el lavado descendente.

El canal es una zona de aguas relativamente tranquilas durante la bajamar cuando queda separado del mar por la barra de lavado. Generalmente no se produce agitación del agua por movimientos orbitales y el nivel de turbulencia es bajo o nulo. En estas condiciones las concentraciones son muy bajas, correspondiendo los principales tamaños a arcilla. A simple vista fue posible determinar la deposición de los sedimentos en suspensión sobre el fondo del canal, con el consecuente incremento en la transparencia del agua.

El contenido de vidrio de tamaño relativamente grande en las muestras, se debe a que el mismo es muy liviano y de forma planar; por lo tanto se puede mantener en suspensión fácilmente. Una de sus posibles procedencias podrían ser las barrancas que afloran al oeste de esta playa, a la altura de la baliza Monte Hermoso. Estas barracas están formadas por limos loessoides pampeanos, encontrándose entre este sedimento capas volcánicas. Similarmente, en otros estudios que se efectuaron

en la zona del canal Principal al puerto de Bahía Blanca y en el canal Bermejo, se han encontrado en muchas muestras de fondo que los tamaños más gruesos (gravilla a arena mediana) están constituidos principalmente por clastos de pumicita (Gómez, comunicación personal, 1984). En ambos casos se daría la pauta que la procedencia del material en suspensión estaría directamente relacionada con la dinámica del estuario de Bahía Blanca.

Las condiciones meteorológicas juegan un papel importante en la determinación del ancho de la zona de sedimento. En el período de mediciones, los cambios de dirección del viento originaron una variación en el ancho de la zona en cuestión. Cuando el viento provenía del norte, se observó una zona uniforme mayor de 500 m de ancho. El viento sudeste provocó que la zona de sedimento se angostara, moviéndose el límite exterior hacia la costa. Al acumularse el sedimento contra la costa en un volumen menor se suponía un aumento en la concentración. Sin embargo los resultados no demostraron ese aumento, sino todo lo contrario.

La variación en el ancho de la zona de sedimento se explicaría tomando en cuenta que las muestras son superficiales y el viento sudeste produjo un flujo de agua superficial hacia la costa, circunstancia similar a la indicada por Cook y Gorsline (1972). El agua superficial proviene de costa afuera y normalmente está exenta o tiene muy bajo contenido de sedimento en suspensión, lo que contribuye a diluir el agua superficial en la costa. Por lo tanto habrá una disminución de la concentración de sedimento superficial, lo que se ajusta a los resultados obtenidos.

Al considerar el problema de modo inverso, el viento proveniente del norte ocasiona un flujo de agua superficial hacia el mar. Por lo tanto el límite exterior de la zona de sedimento se extiende también en esa dirección. Esto ocurrió durante la medición al cambiar nuevamente la dirección del viento al norte, lo cual corrobora los resultados del análisis estadístico sobre la influencia del viento en el ancho de la zona de sedimento. En dicho análisis se obtiene que esta zona supera los 500 m de ancho cuando predomina el viento norte (Figura 5d).

CONCLUSIONES

Se advierte una clara variación de la concentración de los sedimentos en suspensión en sentido perpendicular a la playa, acompañado por una variación en el tamaño de grano. Se registra una baja concentración de sedimento costa afuera, la cual comienza a aumentar al avanzar hacia la costa, obteniéndose las máximas concentraciones en la zona de rompiente y deslizamiento. En esta zona se suma a la turbulencia, siempre presente, la rompiente de las olas la cual también es responsable de suspender los mayores tamaños encontrados. En el canal, debido a la baja turbulencia existente, la concentración de sedimentos en suspensión es baja y los tamaños predominantes son más pequeños.

Con respecto a los parámetros de olas no se encontró relación entre éstos y la concentración de los sedimentos en suspensión. Sin embargo, en cuanto a las condiciones meteorológicas se comprobó una dependencia entre el ancho de la zona de sedimento y la dirección del viento. Cuando proviene del sector sur provoca un angostamiento de la zona de sedimento; mientras que cuando proviene del norte produce el efecto contrario. Este hecho se corrobora con el análisis estadístico, determinándose que cuando el ancho de la zona de sedimento supera los 500 m, el viento dominante es del norte.

Si bien es necesario un mayor análisis con nuevos datos, la determinación mineralógica del sedimento en suspensión demuestra una posible relación entre la dinámica del estuario de Bahía Blanca y de la zona costera aledaña. Esto queda determinado por la gran cantidad de vidrio volcánico encontrado en las muestras, de iguales características al hallado en el interior del estuario y en el canal Bermejo.

Agradecimientos. Los autores desean agradecer a los Lic. S. Ginsberg, S. Aliotta y E. Gómez por su apoyo durante las mediciones de campo; al personal del sector Geología Marina del IADO por la ayuda en los trabajos de laboratorio y al Sr. J. Guivant por la realización de los gráficos.

REFERENCIAS

- Brenninkmeyer B.M., 1974: Mode and period of sand transport in the surf zone; Proc. Conf. on Coastal Eng., II, 812-827.
- Cook D.L. y Gorsline D.S., 1972: Field observations of sand transport by shoaling waves; Mar. Geol., 13, 31-55.
- Einstein H.A., 1972: Sediment transport by wave action; Proc. Conf. on Coastal Eng. II, 933-952.
- Fairchild J.C., 1972: Longshore transport of suspended sediment; Proc. Conf. on Coastal Eng., I, 1096-1108.
- Fairchild J.C., 1977: Suspended sediment in the litoral zone at Ventnor, New Jersey, and Nags Head, North Carolina; U.S. CERC Tech. Paper 77-5.
- Gohren H. y Laucht H., 1972: Instrument for long measurement of suspended matter (Silt Gauge); Proc. Conf. on Coastal Eng., II, 1089-1096.
- Jensen J.K. y Sorensen T., 1972: Measurements of sediment suspension in combination of waves and currents; Proc. Conf. on Coastal Eng., II, 1097-1104.
- Kana T.W., 1977: Suspended sediment transport at Prince Inlet, S.C.; Proc. Conf. on Coastal Sediments'77, 366-382.
- Krumbein W.C. y Pettijohn F.J., 1938: Manual of sedimentary petrography; Appleton-Century-Crofts, Inc. New York.
- Perillo G.M.E. y Piccolo M.C., 1987: El programa de observaciones costeras (POC); IADO Contr. Tec. 4.
- Powers M.C., 1953: A new roundness scale for sedimentary particles; Jour. Sed. Petr. 23(2), 117-119.
- Thornton E.B. y Morris W.D., 1977: Suspended sediment measured within the surf zone; Coastal Sediments'77, 366-382.
- Vanoni V.A., 1963: Sediment transportation mechanics: suspension of sediment; Proc. Of the Am. Soc. Civil Eng., Jour. Hydr. Div. 89 (HY5), 45-75.